ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 DÉCEMBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **J. Perrin** est élu Vice-Président pour l'année 1935 par 52 suffrages contre 3 à M. *M. Brillouin*.

Il y a 1 bulletin nul.

M. **Ch. Lallemand**, par 48 suffrages, et M. **E.-L. Bouvier**, par 53 suffrages, sont réélus membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En déposant sur le bureau le tome 61 des *Mémoires de l'Académie*, M. **A. Lacroix** s'exprime en ces termes :

Le présent Volume est en grande partie constitué par les travaux géologiques de la Mission du Tibesti (1930-1931) dirigée par M. Dalloni.

On y trouve exposés les travaux géodésiques et topographiques effectués par les capitaines Simon et Cance, une longue étude géographique et géologique due à M. Dalloni, avec une carte topographique et une carte géologique, la première au millionième, la seconde au deux-millionième; une description pétrographique des roches du substratum ancien par M. de Choubersky, et enfin des notes paléontologiques dues à MM. Dalloni, Arambourg, Amossé, Corsin.

M. A. Lacroix a rédigé un important Mémoire consacré à l'étude du volcanisme et de la lithologie minéralogique et chimique du massif volcanique qui couronne le massif du Tibesti. Elle est suivie d'une comparaison avec toutes les roches volcaniques et intrusives similaires du Sahara, de la Lybie et des contours de la mer Rouge.

Grâce aux efforts de M. Dalloni, qui complètent ceux de notre confrère Tilho, le massif de Tibesti est aujourd'hui l'un des mieux connus de l'Afrique.

Ce volume contient 20 planches de photographies et de nombreuses cartes ou coupes dans le texte.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur l'Abaque de Rateau.* Note de M. L. Lecornu.

Sous le titre : *Abaque des consommations théoriques d'une machine à vapeur et nouvelle loi relative à la vapear d'eau*, Rateau a fait paraître en 1897 [1] un article accompagné d'un abaque utilisé depuis lors par tous les spécialistes. C'est la traduction graphique de la formule

$$K = 0,85 + \frac{6,95 - 0,92 \log p_1}{\log p_1 - \log p_2}, \tag{1}$$

où $\log p_1$ et $\log p_2$ sont les logarithmes vulgaires des pressions (en kilogrammes par centimètre carré) existant dans la chaudière et dans le condenseur, tandis que K désigne la consommation de vapeur en kilogrammes par cheval-heure. En prenant comme coordonnées cartésiennes $\log p_1$ et $\log p_2$, les lignes d'égale consommation sont des droites concourant au point pour lequel $\log p_1 = \log p_2 = 695/92$.

La méthode qui a conduit l'auteur à ce résultat est assez curieuse. En négligeant les variations de la chaleur spécifique de l'eau, la Thermodynamique lui fournit la relation approchée

$$(t_1 - t_2)\left(\frac{r_1}{t_1} + \frac{t_1 - t_2}{2 t_2}\right) = \frac{635,2}{K} \qquad (t_1 > t_2), \tag{2}$$

dans laquelle t_1 et t_2 sont les températures absolues des deux sources et r_1 la chaleur de vaporisation à la température t_1 de la chaudière. Les Tables

---

[1] *Annales des Mines*, **11**, 1897, p. 242.

de Regnault donnent r et t en fonction de p. Il est donc aisé, en partant de (2), de construire l'abaque représentant K en fonction de p_1 et p_2. C'est ce qu'avait d'abord fait Rateau. Puis, ayant imaginé d'anamorphoser en substituant $\log p$ à p, il eut, dit-il, la grande surprise de voir les points d'égale consommation se placer en ligne droite et toutes ces lignes converger à grande distance. Les coefficients numériques de la formule (1) ont été déterminés de façon à concorder le mieux possible avec l'abaque ainsi dessiné.

Les équations (1) et (2) sont mathématiquement incompatibles, car on constate notamment que, d'après (1), K s'annule pour

$$0,07 \log p_1 + 0,85 \log p_2 = 6,95$$

tandis que, d'après (2), cela n'arrive que pour $t_2 = 0$, d'où $p_2 = 0$.

Comment donc se fait-il que, dans un domaine assez étendu, l'accord soit fort satisfaisant ? C'est le point que je vais examiner ; mais, sous peine de me lancer dans des calculs inextricables, je dois me borner à un aperçu assez sommaire.

En posant

$$\frac{1370,4}{K} = h, \quad \frac{2r_1}{t_1} = \frac{1}{\omega}, \quad \lambda = h\omega \quad \text{et} \quad t_1 = x, \quad t_2 = y, \quad t_1 - t_2 = z,$$

l'équation (2) donne

$$(3) \qquad x = z + \frac{\omega z^2}{\lambda - z}, \qquad y = \frac{\omega z^2}{\lambda - z}.$$

D'après la Table de Regnault, ω est une fonction de x inférieure à l'unité et lentement croissante. Admettons que si la température de la chaudière ne s'écarte pas trop d'une valeur fixe, par exemple 150° ($x = 273$), on puisse traiter ω comme une constante : on substitue ainsi à la vapeur d'eau un fluide fictif qui, au voisinage de 150°, possède à peu près la même chaleur de vaporisation. Dès lors, sur une ligne d'égale consommation ($h =$ const.), λ demeure invariable, et cette ligne se présente comme un arc d'hyperbole issu de l'origiue (zéro absolu) et ayant pour asymptote la droite $x - y = z = \lambda$. En prenant, comme variable indépendante, la chute de température z, on obtient les relations

$$(4) \quad \begin{cases} y' = \dfrac{\omega z(2\lambda - z)}{(\lambda - z)^2}, \qquad x' = 1 + y', \qquad x'' = y'' = x'y'' - x''y' = \dfrac{2\lambda^2\omega}{(\lambda - z)^3}, \\ xy' - x'y = zy' - y = \dfrac{2\lambda\omega z^2}{(\lambda - z)^2}. \end{cases}$$

L'anamorphose de Rateau consiste à prendre comme coordonnées, au lieu de x et y, les logarithmes vulgaires des pressions. On ne possède malheureusement que des formules empiriques et plus ou moins compliquées pour exprimer la pression en fonction de la température. Faute de mieux, contentons-nous de la vieille formule de Duperrey : $p=(\theta/100)^4$, où θ désigne la température centigrade. Elle donne entre 100° et 200° une approximation assez grossière, il est vrai, mais elle a le mérite de se prêter aisément aux calculs qui vont suivre. Ici encore, nous substituons à la vapeur d'eau un fluide fictif qui n'en diffère pas énormément.

Soient ξ, η les logarithmes vulgaires des températures centigrades x_1 et y_1 qui ne se distinguent de x et de y que par la constante $c=273$; alors :

$$\xi=4\log x_1-8, \qquad \eta=4\log y_1-8.$$

Nous pouvons omettre la constante 8, qui correspond à une simple translation. Pour substituer aux logarithmes vulgaires les logarithmes népériens, il suffit d'introduire le facteur 0,434, ce qui conduit à écrire :

$$\xi=1,736\,\mathrm{Log}\,x_1, \qquad \eta=1,736\,\mathrm{Log}\,y_1.$$

En remarquant que les dérivées de x_1 et y_1 sont égales à celles de x et y, on trouve

$$\xi'\eta''-\xi''\eta'=(1,736)^2\left[\frac{x'y''-x''y'}{x_1y_1}-\frac{x'y'}{x_1^2y_1^2}(xy'-yx'+c)\right].$$

Posons d'autre part

$$\sigma'=1,736\sqrt{\left(\frac{x'}{x_1}\right)^2+\left(\frac{y'}{y_1}\right)^2}.$$

Le rayon de courbure d'une ligne d'égale consommation est

$$R=(1,736\frac{\sigma'^3}{\xi'\eta''-\xi''\eta'}.$$

Au moyen des équations (4), on peut calculer x'', y'', $xy'-yz'$, $xy''-x''y'$, et par conséquent R, en fonction de z, λ, ω.

Application numérique. — Supposons, par exemple, que les températures de la chaudière et du condenseur soient respectivement $x_1=150°$ et $y_1=40°$. Pour 150°, la table de Regnault donne $r/t=1,184$. Partant de là, on parvient à la valeur numérique

$$R=54,63.$$

L'abaque de Rateau, tel qu'il se trouve dans les *Annales des Mines*, est

à l'échelle de 10cm pour le nombre 1; à cette échelle, le rayon de courbure mesure donc plus de 5m alors que l'abaque tient tout entier dans un rectangle de 14cm × 17cm. Il n'est donc pas étonnant que les lignes d'égale consommation apparaissent comme sensiblement droites. Au surplus, Rateau signale lui-même que l'emploi de l'abaque comporte des erreurs pouvant atteindre 2 à 3 millièmes de la consommation théorique.

Pour retrouver la convergence apparente de ces lignes, il faudrait sans doute avoir recours à une loi des pressions plus exacte que celle de Duperrey.

En tout cas, on est, semble-t-il, autorisé à conclure que la forme des lignes d'égale consommation s'explique sans avoir besoin de dire, avec Rateau, qu'il y a là « une nouvelle loi relative à la vapeur d'eau ». Cette forme est une simple conséquence du procédé employé pour établir l'abaque. Mais le résultat pratique conserve une grande importance.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La conservation en cave des tubercules de Pomme de terre dans l'Atlas marocain et ses effets*. Note de MM. **Julien Costantin** et **Émile Miège**.

Une Note sur la culture de la Pomme de terre au Maroc en 1933 a déjà été publiée antérieurement (1); elle exigeait des essais nouveaux.

I. *Conservation des tubercules à Ifrane*. — Au début de juin 1933, M. Emberger transporta dans l'Atlas, à 1640m d'altitude (laboratoire d'Ifrane), les tubercules des deux variétés de Pomme de terre (*Industrie* et *Maréchal-Pétain*) qui venaient d'être récoltées à Rabat, le 30 mai, afin de les conserver en bon état pour la campagne culturale suivante.

En même temps, il y ajouta 20 tubercules « tout venant » achetés à Rabat, qui, d'après une longue expérience agricole marocaine et algérienne ne devaient donner que des résultats aléatoires dans une nouvelle culture.

Les tubercules des trois catégories précédentes furent placés dans une cave bien saine du laboratoire d'Ifrane et l'on constata qu'ils se conservèrent en bon état pendant tout l'été. A l'automne, on les ramena à Rabat dans une cave pour les cultiver en 1934.

Si tous les tubercules des deux variétés *Industrie* et *Maréchal-Pétain* (qui venaient antérieurement de cultures des Alpes) étaient restés tous sains et bien conservés jusqu'à l'époque d'une nouvelle plantation (février 1934) à Rabat, il n'en était pas de même des tubercules *tout venant*, car sur vingt, trois s'étaient gâtés.

---

(1) J. Costantin, *C. R. Acad. Agric.*, 20, 1934, p. 146. Ce travail a été fait en collaboration avec M. Emberger, qui n'a pu continuer ces essais, en 1934.

Comme contrôle, en même temps (1er juin 1933), on prit 20 tubercules semblables *tout venant* de même origine, c'est-à-dire achetés à Rabat, afin d'essayer de les conserver, dans cette ville, sans les cultiver. Or à l'automne de 1933 on constata qu'ils étaient *tous* gâtés et inutilisables pour une nouvelle plantation.

Des essais analogues aux précédents ont été répétés en 1934 à Ifrane et aussi à Rabat et ont donné les mêmes résultats. Dans l'Atlas, les tubercules récoltés en juin 1934 à Rabat (à la suite des cultures mentionnées plus loin) se sont conservés en bon état pendant l'été aussi bien à 1640m d'altitude (Ifrane) qu'à 1100m (El Hajeb).

D'autre part, cette année, la conservation des tubercules à Rabat en magasin, dans le sable sec malgré toutes les précautions prises, a été mauvaise : ils se sont encore gâtés. Pour savoir ce que ce mot signifiait, des échantillons ont été mis de côté et seront étudiés ultérieurement afin de préciser les causes de cette altération.

Dans la cave de la station de l'Agriculture de Rabat et en sable il n'y eut aucune pourriture mais seulement un développement rapide et excessif des germes qui ont atteint 30cm et plus; ils ont été coupés à plusieurs reprises. Les tubercules se sont ridés et ramollis, mais en conservant une apparence saine.

Enfin, au frigidaire, à + 3°, la conservation a été parfaite; les Pommes de terre sont restées dures, fermes, avec des germes de quelques millimètres de long.

II. *Variation de poids des tubercules conservés.* — Voici les variations des poids observées sur *Industrie* pendant la conservation à Ifrane en 1933, puis à Rabat, qui a duré du 1er juin 1933 au 5 février 1934 :

Numéros des tubercules	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
Poids : 30 mai 1933	170	146	141	125	84	78	59	55	44	38	34	31	14	10	8
» : février 1934	142	122	110	105	65	60	45	40	35	27	22	20	8	3	2
Perte pour 100	17	17	22	16	23	24	24	28	21	29	36	36	43	30	75

La perte est énorme pour les petits tubercules nos 13, 14 et surtout 15.

III. *Difficultés de la culture de la Pomme de terre au Maroc.* — Tandis qu'en France on peut prélever des tubercules-semences à la fin de chaque récolte annuelle, au Maroc (ainsi qu'en Algérie), au bout d'une année de culture la semence est comme épuisée. Ce sont les difficultés de la conservation (provoquées par la température tiède du littoral) qui s'opposent à l'utilisation des tubercules. C'est à peu près la règle générale qu'on ne peut s'en servir qu'une fois. Toutefois les pieds des *cultures d'hiver* (expression un peu impropre mais consacrée) plantés en février et récoltés fin juin, sont souvent utilisés pour la culture irriguée d'été et plantés en juillet ou août [1]. Ceci exclut d'ailleurs la possibilité de sélectionner pour les adapter au Maroc. La Pomme de terre dans toute l'Afrique du Nord est un mets de luxe; elle est surtout utilisée pour les cultures de primeurs expédiées en France.

---

[1] Sans doute, leur maturité est imparfaite, mais la température élevée de cette saison et l'humidité due à l'irrigation y remédient; d'ailleurs certains agronomes ont recommandé une récolte *prématurée* des tubercules des cultures d'hiver.

Si grâce à un séjour dans l'Atlas pendant l'été et la conservation en cave dans cette montagne les tubercules gardent leur activité germinative ; si, d'autre part, les frais de transport en montagne ne sont pas prohibitifs (ils n'élèvent pas trop le prix de revient), le premier résultat serait très intéressant pour la culture de la plante au Maroc.

Les remarques précédentes conduisent à chercher à contrôler le degré de vitalité et surtout la productivité des tubercules conservés à Ifrane (été de 1933) et à Rabat (automne 1933 et hiver jusqu'en février 1934). Cette question est d'importance capitale pour le Maroc.

IV. *Cultures d'hiver à Rabat en* 1934. — Pour abréger, nous ne citerons que deux variétés :

a. Variété tout venant (achetée à Rabat, conservée à Ifrane l'été, transportée à Rabat en automne mise en cave jusqu'à la plantation). Date de plantation, 15/2/34 ; de la récolte, 6/6 ; écartements des pieds $70^{cm} \times 45^{cm}$. Superficie culturale, $7^{m^2},355$:

Numéros des tubercules.	Poids des tubercules plantés.	Maladies.	Nombre des tubercules nouveaux.	Rendement de chaque pied.
1	55 g	Mildiou 19/5	33	1070 g
3	40	»	22	360
5	28	»	19	350
7	23	Frisolée 10/4	8	90
9	19	Mildiou 19/5	3	30
11	16	»	17	350
13	10	Mildiou 19/5 et frisolée 2/5	4	30
15	8	Mildiou 19/5	4	80
17	5	»	3	80

b. Variété Industrie (originaire des Alpes, conservée de même). Mêmes dates, superficie $11^{m^2},025$. On ne cite que 2 pieds : l'un sain (n° 2) (sans dégénérescence), l'autre atteint de Frisolée (n° 3) pour abréger :

Pied n° 2.

1	142 g	Mildiou 19/5	42	695 g
3	110	»	42	1290
5	165	»	38	1150
7	45	»	40	870
9	35	»	38	980
11	22	»	32	835
13	8	»	12	695
15	2	»	14	1180

Pied n° 3 (atteint de Frisolée).

1	20 g	Frisolée 30/3	3	135 g
3	10	»	9	100

Des résultats analogues ont été obtenus avec la variété *Maréchal-Pétain* (obtenue par hybridation dans les établissements Vilmorin), mais moins bons car la purification au point de vue de la dégénérescence était imparfaite.

Il découle des résultats de cette culture que, *grâce à la conservation des tubercules en montagne dans une cave*, on a pu très bien cultiver la même variété *deux fois* à Rabat et les résultats de cette deuxième culture sont bons (surtout pour *Industrie*).

V. *Rendements complets obtenus en* 1933 *et en* 1934 *à Rabat.*

	Rendement total.	Rendement moyen.
En 1933 :		
Variété *Industrie* : 10 tubercules	5698 g	569 g
Variété *Maréchal-Pétain* : 7 tubercules	1847	263
En 1934 :		
Tout venant (acheté à Rabat conservé à Ifrane) : 17 tubercules	4820	283
Industrie (conservé l'été à Ifrane) :		
Pied 2 : 8 tubercules	7695	961
» 3 : 2 »	235	117
» 4 : 6 »	7225	1204
» 5 : 4 »	4560	1140
» 6 : 2 »	565	282
» 7 : 3 »	295	98
» 8 : 4 »	5635	1408
» 9 : 8 »	8230	1028
» 10 : 5 »	5385	1077
		Moyenne : 812
Maréchal-Pétain (conservé l'été à Ifrane) :		
Pied 1 : 2 tubercules	965	382
» 2 : 3 »	1600	520
» 3 : 3 »	1915	638
» 4 : 4 »	2950	737
» 5 : 4 »	3270	817
» 6 : 3 »	2525	847
» 7 : 4 »	2675	668
		Moyenne : 657

La Frisolée diminue beaucoup le rendement. La sélection appliquée à *Industrie* (en éliminant en 1934 les pieds n° 3, 6 et 7 c'est-à-dire en les

arrachant dès que la Frisolée est reconnue) donne un rendement moyen de 974^g au lieu de 812^g.

Conclusion. — De ce qui vient d'être exposé il découle que la simple *conservation des tubercules de la Pomme de terre dans une cave de montagne* pendant l'été permet de cultiver *deux fois* la même variété à Rabat, avec augmentation du rendement moyen : pour *Industrie*, il passe de 569^g par pied (1933) à 812^g et même à 974^g, si l'on arrache les pieds malades de Frisolée dès qu'ils sont reconnus ; idem pour *Marécal-Pétain*. Le rendement *h* ainsi obtenu est supérieur à celui qu'on obtient couramment au Maroc 181^g à 272^g par pied (c'est-à-dire 6000 à 9000^{kg} à l'hectare 33000 pieds).

Non seulement un obstacle grave à la culture de la Pomme de terre au Maroc paraît pouvoir être surmonté, car on ne pouvait cultiver qu'une fois une variété, mais le rendement est en outre fortement accru et cela sans faire de culture en montagne. Nous exposerons ultérieurement ce qui arrive quand on cultive à 1100^m pendant l'été avec irrigation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la composition élémentaire de quelques plantes cultivées*. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Virgil Ghitescu**.

Malgré les innombrables données analytiques accumulées depuis longtemps dans les laboratoires sur la composition des plantes et de leurs parties, il n'est pas encore possible de représenter d'une manière exacte la composition élémentaire quantitative de la matière végétale et l'on se trouve arrêté dans l'étude d'un grand nombre de problèmes touchant à la physiologie végétale et à l'agriculture.

Ces difficultés proviennent de ce que toutes les analyses élémentaires publiées jusqu'ici sont incomplètes, ne portant, en général, que sur un nombre réduit des métalloïdes et des métaux contenus dans les plantes. La teneur en éléments combustibles ou gazéifiables (C, H, O, ...) n'a été déterminée que dans un très petit nombre de cas et sans tenir compte des causes d'indétermination du carbone et de l'oxygène dues à la présence et à la nature des cendres. Quant aux autres dosages, effectués sur le résidu de l'incinération, ils n'ont porté dans la grande majorité des cas que sur quelques éléments, et, pour certains d'entre eux, tels que le phosphore et le soufre, à l'aide de méthodes incorrectes (1).

Les résultats que nous publions aujourd'hui représentent une première contribution à la connaissance de la composition élémentaire quantitative

(1) Gab. Bertrand et L. Silberstein, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 886.

de la matière végétale. Ils ont été obtenus à partir de plantes de grande culture, ce qui permet déjà de les faire intervenir dans l'étude des besoins en substances fertilisantes, de l'épuisement des sols, de l'opportunité des assolements, etc.

Les espèces analysées appartiennent à quatre familles végétales. Ce sont le Colza (*Brassica napus* var. *oleifera* D. C.) de la famille des Crucifères, la Luzerne (*Medicago sativa* L.) de la famille des Légumineuses, le Sarrazin (*Polygonum fagopyrum* L.) de la famille des Polygonées et l'Avoine (*Avena sativa* L.) de la famille des Graminées.

Ces plantes ont été cultivées les unes à côté des autres, dans le même sol, formé de terre de jardin, à l'Institut Pasteur; elles se sont ainsi partagé les mêmes aliments, chacune selon ses besoins, ce qui permet de nouvelles et utiles comparaisons. En outre, pour le colza, il a été examiné deux cultures, de deux années différentes, afin d'avoir une idée de l'importance des changements de composition qui peuvent se présenter d'une récolte à une autre.

Les recherches ont été effectuées sur les plantes complètement développées, au moment de la floraison. La partie aérienne a été séparée de la racine par une section du collet, pesée aussitôt, puis lavée, rapidement, d'abord à l'eau ordinaire, ensuite à l'eau distillée, pour la débarrasser des particules terreuses et des poussières dont la présence aurait faussé les résultats del'analyse. Après l'avoir égouttée, on l'a essorée entre des feuilles de papier à filtre, séchée dans une chambre thermostat, puis dans une étuve chauffée à +105°, jusqu'à poids constant. La masse sèche a été réduite alors en poudre grossière, entre les mains. Une partie de cette poudre a servi au dosage du fer (¹) et du manganèse (²), le reste a été passé au moulin de façon à obtenir une poudre fine pour les autres déterminations analytiques.

Les dosages du carbone et de l'hydrogène ont été exécutés par combustion en tube fermé, en présence de bichromate de potassium. On a évité ainsi la rétention du carbone à l'état de carbonates dans les cendres. L'azote a été dosé par la méthode de Dumas, le soufre et le phosphore par la méthode mixte due à l'un de nous (³).

(¹) Selon L. Maquenne, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 29, 1921, p. 585.

(²) Gab. Bertrand, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 9, 1911, p. 361.

(³) Gab. Bertrand, *Caoutchouc et Guttapercha*, 4, 1907, p. 1201; et appliquée aux végétaux, par Gab. Bertrand et L. Silberstein, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 886, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 47, 1930, p. 95.

Les cendres ont été déterminées par combustion en deux temps, au four à moufle, à la plus basse température possible. Après l'élimination de la silice et du phosphate ferrique, le calcium en a été séparé à l'état d'oxalate en milieu acétique, puis le magnésium à l'état de phosphate double ammoniacal (¹). Quant au potassium et au sodium, ils ont été dosés, le premier sous la forme de perchlorate et le second sous celle d'acétate triple de Streng (²). Enfin, le zinc a été isolé en passant par le zincate de calcium (³).

Tous ces dosages étant réalisés, il fallait encore déterminer la proportion d'oxygène. Dans les analyses par combustion, lorsqu'on opère sur une substance formée exclusivement de carbone, d'hydrogène, d'azote et d'oxygène, on dose directement les trois premiers de ces métalloïdes et l'on évalue l'oxygène par différence. La solution du problème est beaucoup plus compliquée lorsqu'on opère sur un végétal, à cause de nombreux éléments qui se trouvent, en totalité ou en partie, dans les cendres. Boussingault, Müntz, Berthelot et André, Maquenne et d'autres expérimentateurs qui ont cherché à déterminer la teneur en oxygène de certains végétaux ont simplement retranché de 100 les proportions obtenues de carbone, d'hydrogène, d'azote et de cendres, ou, parfois, de cendres supposées exemptes d'acide carbonique.

Cette façon de procéder est manifestement insuffisante et aboutit à un chiffre trop faible pour représenter l'oxygène. Au carbone, à l'hydrogène et à l'azote, nous avons ajouté le soufre et le phosphore, puis le silicium et les divers métaux dosés dans les cendres et c'est le total ainsi obtenu que nous avons retranché de 100 pour calculer la proportion de l'oxygène. Nous avons négligé, dans cette approximation, les éléments, comme le bore, l'iode. le titane, le nickel, l'aluminium, etc. dont les proportions sont si petites que leur ensemble n'affecte pas le chiffre trouvé, eu égard au degré de précision du dosage des éléments combustibles.

Les plantes examinées contenaient au moment de la récolte :

(¹) En suivant la technique décrite par E. Canals (voir *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 31, 1922, p. 186).

(²) Gab. Bertrand, *Ann. Sc. agr.*, 46, 1929, p. 1.

(³) Gab. Bertrand et M. Javillier, etc. (voir *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 45, 1929, p. 168).

	Eau %.	Matières sèches %.	Cendres %.
Colza nº 1 (18 juin 1931)..........	87,85	12,15	2,33
Colza nº 2 (2 juillet 1932)..........	86,96	13,04	1,95
Luzerne (26 juillet 1932)..........	75,03	24,97	2,43
Sarrazin (2 juillet 1932)..........	89,86	10,14	1,77
Avoine (12 juillet 1932)...........	82,92	17,08	1,98

Elles ont fourni, à l'analyse, les résultats suivants, rapportés à 100 parties de matières sèches :

	Colza				
	nº 1.	nº 2.	Luzerne.	Sarrazin.	Avoine.
Carbone............	39,98	42,68	45,37	38,90	45,45
Hydrogène.........	5,02	5,44	5,54	4,65	5,48
Oxygène...........	40,35	40,10	41,32	43,87	40,15
Azote..............	5,06	4,24	3,30	3,94	3,01
Soufre.............	1,225	1,105	0,435	0,298	0,570
Phosphore.........	0,557	0,459	0,282	1,024	0,476
Calcium...........	4,074	2,733	2,310	3,150	0,732
Magnésium.........	0,425	0,366	0,329	1,221	0,333
Potassium.........	2,871	2,496	0,906	2,907	2,011
Sodium............	0,408	0,354	0,157	0,011	0,566
Silicium...........	0,0171	0,0126	0,037	0,021	1,269
Fer................	0,0081	0,0087	0,010	0,010	0,005
Manganèse.........	0,0072	0,0046	0,0014	0,0014	0,0005
Zinc...............	××0,0050	××0,0050	0,0014	××0,0015	××0,0025

Nous ne pouvons entrer ici dans le détail des considérations théoriques et pratiques auxquelles les résultats de nos analyses peuvent donner lieu ; nous ferons seulement quelques remarques.

Tout d'abord ces résultats présentent un assez grand parallélisme lorsqu'on passe d'une plante à une autre, surtout en ce qui concerne les métalloïdes les plus abondants. Il y a cependant d'intéressantes variations. Les plus notables commencent avec l'azote, s'accentuent avec le soufre et le phosphore, deviennent surtout importantes avec le silicium et avec les métaux. De sorte que chaque plante présente un faciès chimique particulier, dû à ce qu'elle assimile, dans des conditions de culture cependant aussi semblables que possible, les éléments de sa construction dans une mesure qui lui est propre : ainsi, le colza fixe plus d'azote que l'avoine et même que la luzerne ; il absorbe, comme cette dernière, plus de soufre que de phosphore ; mais, à côté, l'avoine se constitue avec des proportions à peu

près égales des deux derniers métalloïdes et le sarrazin puise dans le sol trois fois plus de phosphore que de soufre.

Ces notions, approfondies et mises en pratique, ne peuvent manquer de rendre des services à l'agriculture.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la vitesse de propagation du son dans le quartz.* Note de MM. **Armand de Gramont** et **Daniel Béretzki**.

Considérons une lame de quartz d'épaisseur e dont les faces sont perpendiculaires à un axe électrique et faisons-la vibrer en une demi-onde suivant cet axe. Si l'on essaie de prévoir la fréquence au moyen de la formule de Newton : $V = \sqrt{E/\rho}$, on relève des écarts de près de 20 pour 100 entre la fréquence calculée et la fréquence mesurée; A. Hund a proposé, à la suite de nombreux essais, une formule empirique fixant la valeur de V à 5740 m/s, alors que la valeur théorique est 5440. Les divergences observées ont parfois été attribuées, mais à tort, à des impuretés du cristal; d'autre part, la forme de l'échantillon peut de son côté influer sur la vitesse de propagation, mais dans ce cas la variation constatée ne dépasse guère 2 à 3 pour 100. En fait, la formule de Newton n'est valable que si le diamètre de la lame est petit par rapport à son épaisseur, c'est-à-dire à la demi-longueur d'onde ultra-sonore; il n'en est pas ainsi dans les lames piézo-électriques.

Nous avons recherché les conditions dans lesquelles la vitesse du son dans le quartz peut être définie avec précision, ce qui, par surcroît, devait permettre de prévoir la fréquence de résonance du cristal; nous avons ainsi constaté que la vitesse de propagation du son est variable et qu'elle peut prendre une série de valeurs qui dans nos essais ont été comprises entre 4748 et 6094 m/s, chacune de ces valeurs correspondant à des conditions bien déterminées.

Soit une lame de quartz très pure, perpendiculaire à un axe binaire; découpons dans cette lame une série de longs barreaux de dimensions identiques, mais d'orientations différentes par rapport à l'axe optique. L'angle de la plus grande dimension du barreau avec l'axe optique est compté dans le sens des aiguilles d'une montre, la face du quartz observée étant la face positive par compression.

Si nous mesurons la vitesse de propagation du son pour chacun de ses barreaux *le long de l'axe électrique*, c'est-à-dire perpendiculairement au

plan primitif de la lame, nous constatons que cette vitesse varie d'une façon continue selon l'orientation des barreaux, les valeurs extrêmes différant de 22 pour 100. Ces vitesses sont données dans le tableau suivant; nous avons ajouté les fréquences correspondantes et les modules d'élasticité apparents.

Angle avec l'axe optique.	Vitesse de propagation.	Fréquence.	Module d'élasticité apparent.
° ′	m/s	Kh	
0. 0	6094	677	9846.10^8
20. 0	5096	566	6885
30. 0	4745	527	5969
40. 0	4893	543	6347
48.19	4990	554	6603
60. 0	5155	572	7044
80. 0	5504	611	8034
90. 0	5748	638	8737
100. 0	5992	658	9521
108.28	5788	643	8885
120. 0	5772	641	8832
140. 0	5676	630	8541
150. 0	5688	632	8586
160. 0	5725	636	8694

Ainsi la vitesse de propagation de l'onde ultra-sonore le long d'un axe électrique et par suite la fréquence se trouvent être une fonction de l'orientation du barreau; les valeurs données dans le tableau précédent correspondent à des quartz dont les dimensions étaient $4^{mm},5 \times 4^{mm},5 \times 21^{mm},5$.

Par contre nous avons pu, en modifiant les dimensions de barreaux d'épaisseur constante, leur donner la même fréquence quelle que soit leur orientation; une plaquette de quartz reconstituée en respectant ces proportions relatives présente entre autres la propriété remarquable de supporter une tension environ dix fois plus élevée que celle qui serait admise par un disque circulaire. Cette forme particulière donnée aux lames piézo-électriques a permis d'étendre leur domaine du côté des très hautes fréquences.

En offrant à l'Académie le Tome X de sa *Description géométrique détaillée des Alpes françaises* (douzième élément paru sur les quatorze prévus), M. **Paul Helbronner** s'exprime de la façon suivante :

Avec ce volume, j'arrive, si j'ose ainsi parler, au point culminant de ma

Description géométrique des Alpes françaises, autant par l'élévation matérielle moyenne des sommets qui y sont décrits et calculés que par le niveau des efforts et des résultats qui ont permis son établissement; non, que dans des campagnes ultérieures, certaines disciplines et certains modes opératoires n'aient pas présenté des originalités différentes de celles qui peuvent se révéler ici et n'aient pas été employés avec un rendement relatif peut-être plus fécond, mais parce que la documentation des campagnes 1905 et 1906, époques principales des moissons obtenues dont il est ici question, s'est poursuivie pendant sept mois effectifs d'opérations sur le terrain avec un bonheur et dans une atmosphère de chance continue plus exceptionnels peut-être que pour l'une quelconque de ces autres campagnes, cependant toutes tellement favorisées d'une façon générale au point de vue des conditions physiques comme au point de vue de l'ambiance morale.

L'établissement des compensations analytiques a été basé sur le grand triangle fondamental Goléon-Taillefer-Pelvoux, avec les valeurs que j'ai publiées dans le Tome Premier de la *Description géométrique des Alpes françaises*. Une centaine de stations fondamentales dont une cinquantaine à une altitude supérieure à 3000^{m} ont été ensuite calculées et ont, à leur tour, servi à fixer toutes les autres stations et, avec celles-ci, tous les points intersectés du Tome X. Egalement quelques visées liées au Thabor, point de départ avec le Goléon, de toutes mes triangulations, sont venues appuyer la détermination de quelques-unes de ces positions originelles.

Comme pour les volumes précédents, je n'ai pas attendu la fin de sa mise au point pour communiquer aux administrations ou aux particuliers qui les sollicitaient, les résultats dont beaucoup m'étaient demandés d'urgence. C'est au Service géographique de l'Armée que ces résultats ont été surtout adressés depuis un quart de siècle.

En effet, dès le 15 février 1907, l'envoi était fait au colonel Romieux, chef des Levés de précision du Service géographique de l'Armée des coordonnées de sept de mes stations primaires des deux campagnes 1905 et 1906 et le 12 avril 1907 de 21 positions trigonométriques de points situés au nord du Col du Galibier ainsi que l'altitude du Grand Pic de la Meije que je venais de déterminer.

En 1923, le général Tricaud de la Goutte, commandant l'artillerie du 14ᵉ Corps d'armée à Grenoble, recevait sur sa demande 94 de mes positions géographiques encore inédites, dont un nombre important intéressait le Massif du Pelvoux et des Écrins.

Tandis que du 23 mai au 13 juin 1924, le lieutenant Buchet, sur la

demande du même général, s'installait chez moi pour prendre plusieurs centaines de mes positions planimétriques et altimétriques, inédites également, afin de compléter sa documentation déjà commencée par ma précédente livraison, relative à la frontière entre le Col de la Seigne et le Col de Larche, le commandant Gendre, chef du service des Levés de précision du Service géographique de l'Armée dans la région Pelvoux-Écrins-Cerces, venait du 23 mai au 17 juin de la même année, de la part du colonel Bellot, directeur du Service et du colonel Lamotte, chef de la Section de Géodésie dudit Service, examiner mes tours d'horizon photographiques, dont je lui faisais tirer 47 épreuves, en même temps qu'il copiait les valeurs de mes points géodésiques situés sur le territoire des levés qu'il allait diriger cette année.

L'année suivante, le 4 mai 1925, le commandant Gendre revenait prendre, dans mon cabinet, les éléments qu'il jugeait utiles pour étayer la campagne topographique du Service géographique dans le Massif de l'Oisans. Il y passait plusieurs heures, soit seul, soit accompagné du capitaine Recordon, en chacune des journées des 5, 6, 8, 11, 13, 15 et 18 mai.

Les 27, 28 et 29 mars 1928, les capitaines Barrère, Recordon et Desévaux venaient, matin et soir, copier dans mes répertoires, les coordonnées nécessaires à leur campagne suivante, en particulier tout le détail des résultats planimétriques et altimétriques du Massif des Écrins.

Cette documentation était complétée les 3 et 4 mai 1928 par les soins des mêmes officiers que j'autorisai, sur leur demande, à en fournir la copie à M. Arthaud qui préparait à Grenoble une nouvelle édition de la carte Duhamel au 100000e du Massif du Pelvoux.

Au cours des matinées et des après-midi du 23 au 31 mai 1933, le colonel de Fontanges, devenu chef des Levés de précision, m'envoyait un de ses officiers à l'effet de recopier dans mon bureau environ 1400 de mes positions géographiques des Massifs du Pelvoux et des Écrins et les altitudes correspondantes dont un grand nombre, d'ailleurs, en avait été déjà communiqué au Service géographique.

Enfin, les 15 et 16 février 1934, matin et soir, le lieutenant Lejeune de la Section de Topographie du Service géographique, accompagné de son adjoint, venait prendre copie de l'ensemble des points avec leurs coordonnées non encore éditées parmi ceux composant le présent Tome Dixième.

Tandis que le Service géographique de l'Armée a ainsi tiré vraisembla-

blement le parti le plus grand de cette documentation inédite, les administrations publiques et, en particulier, celle des Forêts et des publications alpines et touristiques ont également vu leurs demandes toujours accueillies dans toute la mesure de la mise au point de mes résultats.

D'autre part, je crois devoir justifier la facture matérielle de ce volume dont le poids dépasse ce qu'il est d'usage d'imposer aux efforts des deux bras du lecteur.

Ce n'est pas, en effet, sans y avoir largement réfléchi que je me suis décidé à réunir comme pour les tomes précédents sous une même couverture le texte et les 51 panoramas correspondants. Je n'ai jamais, en effet, pensé que ces publications devraient avoir la mobilité et la souplesse de guides ou de mementos qu'on emporte au cours de pérégrinations techniques ou pittoresques.

D'un autre côté, la fréquentation des anciens livres, en particulier de la centaine d'incunables que j'ai réunis dans mes collections, m'a démontré que je devais abandonner tout scrupule d'éviter à ceux qui étudieront mes résultats, une peine matérielle dans la longueur et dans la continuité de l'effort que je provoquerai chez eux.

Serions-nous inférieurs à nos ancêtres sous le rapport de la force physique nécessaire pour transporter d'une armoire à la table de travail des poids sortant de l'usuelle discrétion des ouvrages que nous manipulons en général? Et ne pourrions-nous plus accepter de lever des volumes notablement plus légers que, par exemple, le premier des six tomes des *Specula* de Vincent de Beauvais dont mon exemplaire, édité chez Mentelin à Strasbourg en 1476, pèse 20^{kg} et que le *Gratianus*, édité chez Pierre Schœffer à Mayence en 1472 dont mon exemplaire atteint encore 14^{kg}.

D'ailleurs, dans le sévère réquisitoire qu'il prononce contre les développements trop diffus de certaines œuvres, Juvénal, terrible satirique, ne fait-il pas cependant exception pour les travaux historiques, et par suite géographiques, qui se réclament de la même discipline.

Namque oblita modi millesima pagina surgit.
Omnibus et crescit multa damnosa papyro.
Sic ingens rerum numerus jubet atque operum lex (1).

---

(1) Juvénal, *Satire VII.*

M. **W. Vernadsky**, membre de l'Académie des Sciences de Leningrad, par l'organe de M. **L. Cayeux**, fait hommage à l'Académie d'une étude des *Problèmes de la Radiogéologie*. Entre autres sujets de grand intérêt, l'auteur traite de l'étalon de temps terrestre, de la genèse radioactive de la chaleur interne du globe, de la détermination de l'âge des roches sédimentaires, des gisements pétrolifères comme champ de phénomènes radiochimiques, etc.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Jean Fallou. *Les réseaux de transmission d'énergie.* (Présenté par M. P. Janet.)

GÉOMÉTRIE ET ANALYSE. — *Sur les champs continus de demi-cônes convexes et leurs intégrales.* Note (¹) de M. **André Marchaud.**

1. Soit un espace euclidien à trois dimensions, rapporté à trois axes rectangulaires $Oxyz$. A chaque point m de $R = [O \leqq x \leqq 1]$ attachons un demi-cône convexe $C(m)$ de sommet m, remplissant les conditions suivantes :

1° Toute demi-droite de $C(m)$ fait avec Ox un angle au plus égal à un angle fixe moindre que $\pi : 2$;

2° $C(m)$ varie continument avec m [2].

---

[1] Séance du 5 novembre 1934.

[2] Cette expression prend un sens précis grâce à la notion d'*écart* (entfernung) (on pourra consulter à ce sujet et aussi sur les limites métriques, les seules que nous considérerons ici, les *Mengenlehre* de M. Hausdorff]. Soient Γ et Γ' deux demi-cônes convexes, Γ_0 et Γ'_0 ceux, de même sommet O, qui s'en déduisent par translations. L'*écart* de Γ et Γ' est par définition celui de Γ_0 et Γ'_0 *considérés comme ensembles de l'« espace métrique » des demi-droites d'origine* O. Le champ $[C(m)]$ est *continu* en m_0 si l'écart de $C(m_0)$ et $C(m)$ tend vers zéro avec $m_0 m$. De même on dira qu'un champ $[C'(m)]$ *converge uniformément* vers $[C(m)]$, si l'écart de $C(m)$ et de $C'(m)$ tend uniformément vers zéro.

On définit ainsi dans R un *champ* de demi-cônes convexes borné en direction par rapport à Ox et *continu :* le champ $[C(m)]$. Une *intégrale* de ce champ, issue de a, est un arc simple $\widehat{ab}$ dont toutes les semi-tangentes *à droite* et *à gauche* en chaque point m sont respectivement dans $C(\overline{m})$ et son opposé par le sommet $-C(\overline{m})$, [ou, si l'on veut, dont les contingents postérieur et antérieur sont dans $C(m)$ et $-C(m)$]. Dans le cas particulier où $C(m)$ se réduit partout à *une* demi-droite, les intégrales du champ sont celles d'un système d'équations différentielles

$$dy : dx = f(x, y, z), \qquad dz : dx = g(x, y, z),$$

où les fonctions $f(x, y, z)$ et $g(x, y, z)$ sont bornées et continues dans R.

Le champ $[-C(m)]$ satisfait aux mêmes conditions que $[C(m)]$, à condition de changer le sens sur Ox. Une intégrale $\widehat{ab}$ de $[C(m)]$, parcourue de b vers a, est une intégrale de $[-C(m)]$ issue de b.

La présente Note a pour objet les propriétés des intégrales des champs tels que $[C(m)]$. Celles-ci feront intervenir les notions d'*émission* et d'*intégrale-frontière*. L'*émission* d'un ensemble A, de R, dans le champ $[C(m)]$, est l'ensemble $E[C(m), A]$ des points de R par chacun desquels passe une intégrale issue d'un point de A. On désignera de même par $E[-C(m), A]$ l'émission de A dans le champ $[-C(m)]$. Une *intégrale-frontière* est une intégrale dont les semi-tangentes en chaque point *m sont toutes sur les frontières* de $C(\overline{m})$ et $-C(\overline{m})$.

2. Voici maintenant les propriétés annoncées :

1° *De tout point de* R *part une intégrale de* $[C(m)]$ *et une intégrale de* $[-C(m)]$, (*au moins*), *lesquelles peuvent être prolongées respectivement jusque dans les plans* $x = 1$ *et* $x = 0$.

2° *L'émission* $E[C(m), A]$ *d'un ensemble borné et fermé* A *est un ensemble borné et fermé dont tout point frontière, limite de points frontières d'abscisses inférieures à un* ([1]), *peut être joint à un point de* A *par une intégrale-frontière située sur la frontière de* $E[C(m), A]$.

Cette proposition généralise un théorème de M. Fukuhara ([2]). Mais elle est surtout intéressante comme introduction à l'étude géométrique de l'équation aux dérivées partielles du premier ordre dont le cône élémentaire est

---

([1]) Cette restriction a pour but d'écarter les points de $x = 1$ qui ne seraient pas sur la frontière de l'émission si le champ était prolongé à droite de $x = 1$.

([2]) M. Fukuhara, *Japan, Journ. of Math.*, 6, III, 1930, p. 269.

$C(m)$. En effet, dans l'hypothèse où ce dernier possède partout un plan tangent, on démontre aisément que *si un morceau de la frontière d'une émission est une surface pourvue d'un plan tangent, c'est une surface intégrale.*

3° *Soient* $[C_\lambda(m)]$ *un champ convergeant uniformément vers le champ* $[C(m)]$, A_λ *un ensemble borné et fermé ayant pour limite* A *quand* $\lambda \to \lambda_0$. *Si* A_λ *et* $C_\lambda(m)$ *contiennent respectivement* A *et* $C(m)$ *quels que soient* λ *et* m, *l'émission* $E[C_\lambda(m), A_\lambda]$ *et sa frontière tendent respectivement vers* $E[C(m), A]$ *et sa frontière, quand* $\lambda \to \lambda_0$.

Ce résultat généralise celui, bien connu, dû à M. Paul Montel, relatif à la semi-continuité des intégrales supérieure et inférieure de l'équation $dy : dx = f(x, y)$.

4° *Si un ensemble borné et fermé vers la droite* (¹) *possède partout, sauf peut-être aux points d'un ensemble* B, *une semi-tangente dans le demi-cône du champ* $[C(m)]$, *il est contenu dans l'émission* $E[-C(m), \bar{B}]$, *où* $\bar{B}$ *désigne la fermeture de* B.

Lorsque $C(m)$ se réduit partout à une demi-droite unique ce dernier théorème montre en particulier que *tout continu admettant partout, sauf en* b, *la demi-droite du champ pour une de ses semi-tangentes, est un arc de l'intégrale à gauche issue de* b, *pourvu que celle-ci soit unique.*

Ajoutons pour terminer que les résultats précédents s'étendent d'eux-mêmes au cas d'un espace euclidien quelconque; mais qu'ils ne subsistent pas pour des champs de demi-cônes non convexes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Rayons de courbure d'ordre supérieur des courbes attachées à une fonction analytique.* Note de M. E.-G. **Barrillon**, présentée par M. Henri Villat.

La recherche d'une interprétation géométrique des coefficients figurant dans la série de Maclaurin représentant une fonction analytique $F = \varphi + i\psi$ au voisinage d'un point ordinaire, conduit aux résultats suivants :

a. Par un changement d'axes et une homothétie on peut ramener la fonc-

---

(¹) Pour la définition des ensembles fermés d'un côté, voir par exemple ma Note des *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 948. Un ensemble fermé (au sens ordinaire) est fermé vers la droite; mais la réciproque n'est pas vraie.

tion à la forme :

$$f = z + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\rho_\varphi} - \frac{i}{\rho_\psi}\right)z^2 + \left[\frac{1}{6}\frac{P'}{P^3} - \frac{1}{2PP_+} + i\left(\frac{1}{6}\frac{\rho'_\psi}{\rho_\psi^3} - \frac{1}{2\rho_\psi\rho_\varphi}\right)\right]z^3 + \ldots,$$

ρ_φ et ρ_ψ étant les premiers rayons de courbure des courbes $\varphi = \text{const.}$ et $\psi = \text{const.}$; ρ'_φ et ρ'_ψ les seconds rayons de courbure des mêmes courbes; P et P_+ les premiers rayons de courbure des courbes isoclines à 45° et 135°; P' le second rayon de courbure de l'isocline à 45°.

b. Entre les rayons de courbure on a la relation

$$\frac{\rho'_\varphi}{\rho_\varphi^3} + \frac{\rho'_\psi}{\rho_\psi^3} = 0,$$

c'est-à-dire que l'on ne peut se donner arbitrairement les rayons de courbure premier et second en un point, à la fois pour la ligne $\psi = \text{const.}$ et pour la ligne $\varphi = \text{const.}$

c. Il existe de même une relation entre les rayons de courbure des ordres 1, 2, 3, 4, une relation entre les rayons de courbure des ordres 1, 2, 3, 4, 5, 6, et ainsi de suite de deux en deux.

d. Pour une fonction quelconque (non ramenée à la forme simplifiée ci-dessus) et en un point quelconque on a

$$\frac{1}{\rho_\varphi} - \frac{i}{\rho_\psi} = |F'|\frac{F''}{F'^2},$$

$$\frac{1}{6}\frac{P'}{P^3} - \frac{1}{2PP_+} + i\left(\frac{1}{6}\frac{\rho'_\psi}{\rho_\psi^3} - \frac{1}{2\rho_\varphi\rho_\psi}\right) = \frac{1}{6}|F'|^2\frac{F''}{F'^3}.$$

les dérivées étant celles de F par rapport à z et $|F'|$ représentant le module de la dérivée première.

e. Entre les rayons de courbure premiers des isoclines d'angle α on a la relation

$$\frac{1}{\rho_\alpha} = \frac{\cos\alpha}{\rho_\psi} - \frac{\sin\alpha}{\rho_\varphi}$$

prouvant que les centres de courbure des isoclines sont sur une droite, relation déjà connue de Transon.

Pour les rayons de courbure seconds, on a la relation

$$\frac{\rho'_\alpha}{\rho_\alpha^3} = \frac{\rho'_\psi}{\rho_\varphi^3}\cos 2\alpha + \frac{P'}{P^3}\sin\alpha 2.$$

f. Le développement donné dans le paragraphe *a* permet d'établir

immédiatement les propriétés connues sur la correspondance des rayons de courbure premiers dans les transformations conformes (Transon [1]), Laisant [2]), Masotti [3]), Tzitzéica [4])], et de les étendre aux correspondances de rayons de courbure seconds.

g. Si deux fonctions analytiques ont en un point mêmes rayons ρ_ψ et ρ_φ, elles ont mêmes rayons ρ_α pour toutes les isoclines et l'on peut dire que les fonctions sont osculatrices. Elles ont alors mêmes termes en z et z^2 dans f.

Deux fonctions ayant mêmes rayons ρ_φ, ρ'_φ, ρ_ψ, ρ'_ψ ont mêmes termes en z et z^2 et même partie imaginaire du coefficient de z^3. Les isoclines ne sont alors pas forcément surosculatrices et la condition imposée laisse la partie réelle du coefficient de z^3 arbitraire. On peut appeler surosculatrices en un point les fonctions ayant en ce point, non seulement l'équipotentielle et la ligne de courant, mais toutes les isoclines surosculatrices. Alors les termes en z, z^2, z^3 sont les mêmes. Ces propriétés s'étendent de deux en deux degrés.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les problèmes de représentation conforme de Helmholtz ; théorie des sillages et des proues* [5]. Note de M. **Jean Leray**, présentée par M. Henri Villat.

L'étude d'un courant qui heurte un obstacle tranchant pose le problème suivant :

Problème du sillage. — *On demande de transformer conformément un plan entaillé le long d'une demi-droite (le plan du potentiel complexe f qu'entaille le demi-axe réel positif) en un domaine (d) d'un plan $z = x + iy$*

---

(1) *Nouvelles Annales*, 2e série, 8, 1869, p. 114.

(2) *Bulletin de la Société mathématique de France*, 15, 1887, p. 39.

(3) *Rendiconti Acc. Lincei*, 6e série, 15, 1932, p. 519.

(4) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 476.

(5) M. Villat a fourni le moyen de construire simplement des solutions approchées de ces problèmes (voir ses *Leçons sur l'Hydrodynamique*, Paris, 1929).

M. Quarleri et M. Schmieden ont tenté, sans y réussir, de construire des solutions exactes du problème du sillage.

Le problème voisin du jet symétrique (c'est-à-dire du sillage symétrique dans un canal) a été résolu rigoureusement en 1926 par M. Weinstein, sous des hypothèses assez restrictives; depuis sa méthode a eu son champ d'application étendu par MM. Hamel, H. Weyl, Friedrichs (cf. Leray-Weinstein, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 430); toutefois cette méthode de M. Weinstein ne serait pas susceptible de fournir la totalité des résultats que nous allons énoncer.

dont la frontière se compose d'un arc de courbe donné (l'obstacle) et de deux lignes libres inconnues; celles-ci joignent le point à l'infini aux extrémités de l'obstacle; en chacun de leurs points la transformation cherchée doit conserver les longueurs; elle doit en outre associer les points à l'infini des plans z et f en y conservant les directions (la direction de l'axe des x est celle du courant) :

Par hypothèse la courbe-obstacle sera de la classe B_h ($1/2 < h \leqq 1$) et deux de ses points devront toujours avoir des ordonnées différentes, sauf si le segment qui les joint se trouve appartenir à cette courbe.

En poursuivant les recherches de M. Levi-Cività (1), M. Brillouin (2) et M. Villat (3) ont constaté qu'un sillage ne peut représenter une réalité physique que si les lignes libres quittent l'obstacle de l'une des deux façons que voici :

Détachement vers l'aval. — La ligne libre se dirige du côté aval de l'obstacle; elle présente en son extrémité une courbure infinie ou ne se raccorde pas à l'obstacle (4).

Détachement en proue. — La ligne libre se raccorde en son extrémité à l'obstacle et y présente une courbure finie.

Ainsi s'est posé un second problème :

Problème de la proue. — *Étant donné un obstacle $\widehat{B_0 C_0}$, trouver un sillage correspondant à un obstacle $\widehat{BC}$, dont les propriétés soient les suivantes : $\widehat{BC}$ fait partie de $\widehat{B_0 C_0}$; le détachement au point* B (*ou* C) *est en proue, ou bien ce point est en* B_0 (*ou* C_0) *et ce détachement est vers l'aval* (5).

La théorie des équations fonctionnelles que j'ai faite en collaboration avec M. Schauder (6) permet de discuter ces deux problèmes :

---

(1) *Rendiconti del Circolo mathematico di Palermo*, 23, 1907, p. 1.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 23, 1911, p. 145.

(3) *Thèse, Annales de l'École Normale supérieure*, 28, 1911, p. 203; *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 10, 1914, p. 231.

(4) Ce second terme de l'alternative se présente quand l'obstacle est un segment parallèle au courant; ce cas exceptionnel intervient nécessairement dans nos considérations, étant forme limite des obstacles envisagés.

(5) Nous imposons en outre la restriction suivante : Le point de détachement inférieur B (supérieur C) sera choisi entre l'extrémité inférieure B_0 (supérieure C_0) de l'obstacle et le point B_1 (C_1) où la courbe-obstacle fait avec Ox l'angle de plus petite (plus grande) valeur algébrique.

(6) Leray-Schauder, *Annales de l'École Normale supérieure*, 51, 1934, p. 45 (cf. théorème fondamental et théorème I, p. 63 et 64).

1° Les équations intégro-différentielles auxquelles M. Villat (¹) les a ramenés sont du type $x = \mathcal{F}(x)$.

2° La discussion de ces équations est immédiate quand l'obstacle est un segment rectiligne.

3° Envisageons (en supposant qu'il en existe) les sillages correspondant à une famille continue d'obstacles. Quelques majorations faciles permettent de limiter les longueurs de leurs images dans le plan f. On en déduit que leurs lignes libres constituent un ensemble de courbes compact en soi. D'après les formules de M. Villat y est une fonction monotone le long de chacune d'elles; l'obstacle et ses deux lignes libres constituent donc une courbe sans point double (le cas où l'obstacle est parallèle au courant faisant toutefois exception). Or M. Courant (²) a prouvé la convergence uniforme de la représentation conforme normalisée d'un cercle sur l'intérieur d'une courbe de Jordan qui tend uniformément vers une courbe de Jordan limite. Par suite les correspondances $z(f)$ possèdent une égale continuité. On en conclut la possibilité de limiter *a priori* toutes les inconnues.

De ces trois points résulte que *chacun des problèmes énoncés possède toujours une solution au moins.* Ceci reste vrai quand on envisage les problèmes symétriques : l'obstacle et le sillage doivent être symétriques par rapport à une parallèle au courant. Une Note ultérieure précisera le nombre de solutions qu'ont ces problèmes pour diverses catégories importantes d'obstacles.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Les problèmes de Poincaré et de Cousin pour les fonctions de plusieurs variables complexes.* Note (³) de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. La question reste toujours posée de savoir quand une fonction de n variables complexes, méromorphe dans un domaine D, peut se mettre sous la forme du quotient de deux fonctions holomorphes dans D. Poincaré a le

---

(¹) L'équation intégro-différentielle du problème du sillage est l'équation (113) de sa Thèse [c'est-à-dire le système (91), (97)]. L'ensemble des relations qui traduisent le problème de la proue se ramène par un artifice aisé à une seule équation fonctionnelle.

(²) Courant, *Göttinger Nachrichten*, 1914, p. 101; 1922, p. 69; Radó, *Acta Litt. Ac. Sc.*, Szeged, 1, 1923, p. 180.

(³) Séance du 26 novembre 1934.

premier montré, dans le cas $n=2$, qu'une fonction méromorphe partout à distance finie est toujours le quotient de deux fonctions entières. Étant donné un domaine quelconque D dans l'espace de n variables complexes, nous conviendrons de dire que *le théorème de Poincaré est vrai pour* D si toute fonction méromorphe dans D est le quotient de deux fonctions holomorphes dans D.

Dans le but de résoudre le problème de Poincaré, Cousin (¹) a formulé deux problèmes plus généraux que voici :

Premier problème de Cousin. — On suppose que le domaine considéré D est recouvert à l'aide d'une infinité dénombrable de domaines partiels D_i intérieurs à D, et que, dans chaque D_i, on a défini une fonction *méromorphe* f_i; on suppose en outre que, chaque fois que deux domaines D_i et D_j ont une partie commune D_{ij}, la différence $f_i - f_j$ est *holomorphe* dans D_{ij}. *On se propose de trouver une fonction* F, *méromorphe dans* D, *et telle que, dans chaque* D_i, *la différence* $F - f_i$ *soit holomorphe.*

Deuxième problème de Cousin. — Mêmes hypothèses que pour le premier, sauf que les f_i sont remplacées par des φ_i *holomorphes* (dans D_i), et que, dans chaque D_{ij}, le quotient $\varphi_i : \varphi_j$ est supposé *holomorphe et jamais nul.* On se propose de *trouver une fonction* Φ, *holomorphe dans* D, *et telle que, dans chaque* D_i, *le quotient* $\Phi : \varphi_i$ *soit holomorphe et non nul.*

Si un domaine D est tel que le premier (ou le deuxième) problème de Cousin a une solution quelles que soient les données, nous dirons que « *le premier théorème de Cousin* (ou le deuxième) *est vrai pour le domaine* D ».

Il est évident que si le *deuxième* théorème de Cousin est vrai pour un domaine, le théorème de Poincaré est vrai pour ce domaine. *Mais la proposition réciproque n'est pas exacte.*

Grâce à la terminologie précédente, nous pouvons résumer comme suit les résultats de Cousin :

Si D est le produit topologique de n domaines univalents, situés respectivement dans les plans des n variables complexes, le premier théorème de Cousin est vrai pour D. Si en outre tous les domaines composants sont simplement connexes (²) (sauf peut-être l'un d'entre eux), le deuxième théorème de Cousin est vrai, et, *a fortiori*, le théorème de Poincaré.

(¹) *Acta mathematica*, 19, 1895, p. 1-62.

(²) C'est M. Gronwall qui a montré que cette restriction est nécessaire, fait qui semblait avoir échappé à l'attention de Cousin (*Amer. Math. Soc. Trans.*, 18, 1917, p. 50-64).

2. Bornons-nous désormais aux *domaines univalents à deux variables complexes x et y.*

Lorsqu'on cherche à résoudre les problèmes de Cousin pour des domaines plus généraux que ceux considérés par Cousin, on s'aperçoit que les théorèmes de Cousin ne sont pas vrais pour tous les domaines, même simplement connexes. Il est alors naturel de chercher des conditions nécessaires et suffisantes pour que les théorèmes de Cousin soient vrais. Commençons par le premier.

Théorème 1. — *Si le premier théorème de Cousin est vrai pour* D, D *est un domaine d'holomorphie* (c'est-à-dire le domaine total d'existence d'une certaine fonction holomorphe).

On a ainsi une condition nécessaire. Voici une condition suffisante :

Théorème 2. — *Si un domaine* D *est convexe* ([1]) *par rapport aux polynomes ou aux fonctions rationnelles en x, y, le premier théorème de Cousin est vrai pour* D.

Ce résultat, qui dépasse de beaucoup celui de Cousin, s'obtient par une méthode analogue à la sienne ; mais il faut se servir de *l'intégrale d'André Weil* ([2]) (pour les fonctions de plusieurs variables) tandis que Cousin utilisait seulement l'intégrale classique de Cauchy (pour les fonctions d'une variable).

Pour certains types de domaines [domaines cerclés ([3]); domaines de Hartogs ([4])], les conditions des théorèmes 1 et 2 sont équivalentes ([1]). On a donc, pour ces domaines, *une condition nécessaire et suffisante pour que le premier théorème de Cousin soit vrai.*

3. Passons au deuxième théorème de Cousin. La question est moins avancée; citons simplement le résultat suivant :

Théorème 3. — *Soit* D *un domaine pour lequel le premier théorème de Cousin est vrai* (voir théorème 2). *Si en outre* D *est étoilé, ou encore si* D *est un domaine de Hartogs, le deuxième théorème de Cousin est vrai pour* D.

([1]) Voir H. Cartan et P. Thullen, *Math. Annalen*, **106**, 1932, p. 617-647.

([2]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1304.

([3]) Un domaine est *cerclé* s'il contient $x=y=0$ et admet les transformations

$$x'=xe^{i\theta},\qquad y'=ye^{i\theta}\qquad (\theta \text{ réel}).$$

([4]) Nous réservons le nom de *domaines de Hartogs* aux domaines de la forme : x intérieur à un domaine univalent δ, $|y|<R(x)$, $R(x)$ étant une fonction positive définie dans δ.

Le théorème 3, combiné avec certaines propriétés des domaines de méromorphie, conduit au résultat suivant :

Théorème 4. — *Le théorème de Poincaré est vrai pour tous les domaines cerclés et tous les domaines de Hartogs*, même quand les théorèmes de Cousin ne sont pas vrais.

En particulier, le théorème de Poincaré est vrai pour l'*hypersphère*, ainsi d'ailleurs que les deux théorèmes de Cousin.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur une classe de mouvements naturels des fluides visqueux, caractérisée par un minimum de la puissance dissipée; cas du Soleil.* Note (¹) de MM. **G. Dedebant**, **Ph. Schereschewsky** et **Ph. Wehrlé**, transmise par M. R. Bourgeois.

Nous avons été amenés à concevoir la moindre dissipation (exactement : moindre puissance dissipée) comme une propriété essentielle des fluides visqueux en régime permanent ou quasi permanent. Cette condition imposée aux milieux fluides naturels en mouvement stationnaire permet de déterminer leur champ de vitesses. Dans cette Note, nous trouverons ainsi la loi théorique de rotation du Soleil, et nous constaterons qu'elle représente les observations au 1/200ᵉ près, précision loin d'être atteinte par les lois empiriques proposées antérieurement.

Il existe d'autres exemples de mouvements de cette classe : régime de Poiseuille, couche turbulente de l'atmosphère; et la répartition verticale des températures dans l'atmosphère, obéit à une condition analogue de moindre dissipation thermique par conduction. Une équation de Boltzmann méconnue permet d'élever encore ce point de vue et d'établir que la moindre dissipation est une conséquence immédiate du fait que la configuration permanente est évidemment la plus probable. Enfin, on en déduit une théorie de la circulation générale de l'atmosphère (distribution des vitesses et des températures), qui donne lieu à des vérifications numériques précises.

Dans le cas général, il s'agit d'un minimum *lié*, la classe des états virtuels, appelés en comparaison pour la détermination du minimum, étant soumise à certaines restrictions correspondant aux actions étrangères au système : conditions aux limites, actions énergétiques extérieures, etc. Mais, dans la

---

[1] Séance du 9 juillet 1934.

rotation du Soleil, la condition de moindre dissipation se présente sous sa forme la plus simple de minimum *absolu*.

Nous supposerons que le Soleil est une masse fluide : 1° animée seulement d'un mouvement de *pure rotation* autour d'un axe de révolution Oz, de direction *absolument fixe;* 2° où la dissipation (turbulente) est minima par rapport à celles de tous les mouvements respectant la surface de l'astre.

Désignons par Ω la vitesse angulaire et par μ le coefficient de viscosité turbulente. La puissance dissipée dans tout l'astre est

$$W = 4\pi \int\int \mu x^3 \left[\left(\frac{\partial\Omega}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\Omega}{\partial z}\right)^2\right] dx\, dz.$$

Pour que W soit minimum, compte tenu de la condition $\delta\Omega = 0$ sur la surface limite, qui exprime son invariance, il faut que Ω vérifie l'équation indéfinie

$$\nabla\Omega + \frac{3}{x}\frac{\partial\Omega}{\partial x} = 0.$$

Cherchant, en raison des conditions de symétrie du problème, une solution de la forme $f(x)g(z)$, on trouve

$$\Omega = A\cos(\lambda\sin\varphi)\sum_0^\infty \frac{(\lambda\cos\varphi)^{2n}}{(n+1)2^{2n}[\Gamma(n+1)]^2},$$

φ étant la latitude, n un entier positif, Γ la fonction eulérienne de deuxième espèce, A et λ des constantes d'intégration. Cette loi de rotation avait déjà été obtenue par l'un d'entre nous, en collaboration avec M. Giao, mais par un raisonnement prêtant à critique et ultérieurement rectifié ([1]).

Même en identifiant les constantes à 0° et 40°, c'est-à-dire en n'utilisant que la première moitié de l'intervalle, la concordance des résultats calculés avec la moyenne des mesures spectroscopiques est saisissante :

Latitude	0°.	10°.	20°.	30°.	40°.	50°.	60°.	70°.	80°.	90°.
Loi de Faye	25,1	25,3	25,7	26,6	27,5	28,8	30,0	31,1	31,7	32,4
Loi théorique	25,20	25,41	26,02	27,00	28,20	29,74	31,23	32,52	33,47	33,72
Obs. spectrales	25,2	25,4	26,0	26,9	28,2	29,7	31,3	32,7	33,7	–

Remarques. — 1. Dans le calcul de variation nous avons laissé μ constant; loin d'une paroi cette hypothèse peut se justifier *a priori;* en surface, si tant

---

([1]) A. Giao et Ph. Wehrlé, *Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre* (*Bjerknes-Festschrift*), 19, 1932, p. 237-245; G. Dedebant et Ph. Wehrlé, *La Météorologie*, 85-86, avril-mai 1932, p. 117-121.

est qu'il y ait une surface de discontinuité, la réussite de la loi trouvée justifie l'hypothèse *a posteriori*.

2. La condition de minimum de dissipation s'ajoutant aux trois équations du mouvement, pour déterminer Ω, P et ρ, paraît surabondante. En fait il n'y a pas incompatibilité car l'équation du minimum ne renferme pas de dérivées de Ω par rapport au temps.

3. L'équation du minimum de dissipation signifie aussi que l'expression (Navier-Stokes) de la force de frottement est nulle, c'est-à-dire que cette force est un infiniment petit du deuxième ordre, la vitesse de déformation étant prise comme infiniment petit principal. Compte tenu de ce fait dans l'équation du mouvement, on trouve que le ralentissement du Soleil, expérimentalement insensible, est du deuxième ordre. Il en résulte que les évaluations antérieures du ralentissement basées sur le terme de premier ordre de la force de frottement sont incorrectes et que l'ordre de grandeur obtenu, si minime soit-il, est encore trop élevé.

4. Certains théorèmes ont déjà été établis sur la moindre dissipation dans les *liquides* visqueux (Helmholtz, lord Rayleigh). Mais cette propriété ne s'y présente que comme un *équivalent mathématique de l'équation du mouvement*, sous certaines *hypothèses restrictives*. Notre point de vue est tout différent : nous considérons la moindre dissipation comme une propriété physique essentielle des régimes permanents ou quasi permanents et nous *démontrons* ces « hypothèses » restrictives à partir de la moindre dissipation, elle-même *démontrable* comme conséquence du maximum de probabilité de telles configurations.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la trompe à réaction.*

Note (1) de M. J. **Chalom**, présentée par M. Henri Villat.

La trompe à réaction permet d'augmenter l'effort de réaction d'un jet propulseur. Elle peut être composée d'une ou plusieurs tuyères.

J'ai cherché à déterminer la meilleure forme à donner aux tuyères et d'établir dans ces conditions des lois permettant de définir les possibilités de l'appareil propulseur composé par l'ensemble jet et trompe.

Considérons un jet J et une tuyère T.

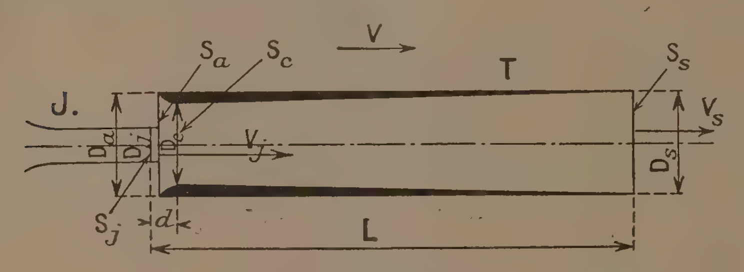
J'ai effectué un premier cycle d'expériences avec la condition $M_j = M_{jT}$

(1) Séance du 19 novembre 1934.

(débit du jet M égal débit du jet en présence de la trompe), condition réalisée en agissant sur la distance $S_r S_j = d$.

De plus les expériences ont été faites avec de l'air comprimé, le fluide secondaire étant l'air ambiant. Dans ce cas les densités ρ_j du fluide moteur et ρ_s du mélange sont sensiblement égales.

On a pris $M_j = M_{jT}$, $\rho_j = \rho_s$; α variable.



Dans ces conditions j'ai obtenu pour les dimensions relatives des tuyères les valeurs suivantes :

$$\frac{D_a}{D_s} = 1; \qquad \frac{D_s - D_j}{L} = \frac{1}{10}; \qquad \frac{D_s - D_c}{L} = \frac{3}{100};$$

$$\frac{S_c}{S_s} = \frac{D_c^2}{D_s^2} = \left[1 - \frac{3}{10}\left(1 - \sqrt{\frac{S_j}{S_s}}\right)\right]^2.$$

Avec les conditions et dimensions ainsi définies, l'expérience et le calcul montrent que :

A. *Au point fixe.* — 1° Les pertes K_1 d'énergie cinétique dans la tuyère T sont définies par

$$K_1 = \frac{M_j V_j^2 - M_s V_s^2}{M_j V_j^2} \qquad \text{et} \qquad M_s V_s = M_j V_j,$$

d'où

$$\boxed{K_1 = 1 - \sqrt{\frac{\rho_j S_j}{\rho_s S_s}}}.$$

2° L'effort de réaction F_0 subi par le tuyère T est donné par

$$F_0 = \frac{1}{2} \rho \frac{Q^2}{S_c} = \frac{1}{2} F_j \frac{S_s}{S_c}\left[1 - \sqrt{\frac{\rho_j S_j}{\rho_s S_s}}\right]^2 = \frac{1}{2} F_j \frac{S_s}{S_c} K_1^2,$$

Q débit volume d'air secondaire; F_j effort de réaction du jet nu.

L'effort de réaction maximum subi par la tuyère T a lieu pour $K = 1$, c'est-à-dire $M_s V_s^2 = 0$.

3° L'emploi des trompes à tuyères multiples permet d'augmenter S_s/S_j pour un même S_j/S_s. Le nombre n optimum des tuyères est fonction des S_j/S_s.

B. *En déplacement.* — 1° L'effort de réaction F subi par la tuyère T est donné par

$$F = F_0\left[1 - \sqrt{\frac{h}{(1+h)\varphi}}\right] \qquad \text{avec} \qquad h = \frac{V^2}{V_{s_0}^2} = \frac{V^2}{V_j^2} \times \frac{S_s}{S_j},$$

φ coefficient qui dépend de S_j/S_s de n et de α.

2° Le travail propulsif $\mathfrak{T}_p$ de la trompe est donné par

$$\mathfrak{T}_{p_T} = F \times V = kF_0\left[\sqrt{h} - \frac{h}{\sqrt{(1+h)\varphi}}\right].$$

Pour V/V_j donné, S_s/S_j optima est donné par $d\mathfrak{T}/dh = 0$, ce qui revient à

$$(1-\varphi)h^3 + (4-3\varphi)h^2 + (4-3\varphi)h - \varphi = 0.$$

3° Le travail propulsif de l'ensemble jet et trompe est donné par

$$\mathfrak{T}_{p_{J+T}} = (F + F_j)V = \mathfrak{T}_J + \mathfrak{T}_T.$$

Pour V/V_j donné, $\mathfrak{T}_J$ est donné et le maximum de $\mathfrak{T}_{J+T}$ correspond au maximum de $\mathfrak{T}_T$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'isotropie de la pression dans les fluides soumis à des accélérations très élevées.* Note [1] de M. **Jean Villey**, présentée par M. Henri Villat.

I. Le problème envisagé consiste à déterminer, par exemple, dans quelles conditions expérimentales la pression peut perdre, en un point d'un écoulement gazeux permanent très rapide suivant des trajectoires incurvées, son caractère normal de grandeur isotrope, la densité restant cependant encore suffisante pour que subsiste la notion même de pression stable sur une petite surface correspondant à des mesures possibles (en principe).

Pour que cette circonstance se présente, il faut que le raisonnement classique du tétraèdre évanescent soit mis en défaut par ce fait que la force d'inertie de d'Alembert (force de volume) ne sera pas encore devenue négligeable vis-à-vis des forces de pression sur les faces du tétraèdre, au moment où celui-ci deviendra trop petit pour contenir encore le nombre très élevé de molécules qu'exige la notion même de pression.

Envisageons le cas de l'écoulement d'un gaz parfait produit par une

(1) Séance du 19 novembre 1934.

détente adiabatique sans décoordination, donc isentropique, dans une canalisation convenablement étudiée à cet effet. Soit V la vitesse d'écoulement atteinte en un point où le rayon de courbure de la trajectoire est r. Si $\mathcal{V}^2$ est le carré moyen de la vitesse d'agitation thermique des molécules, la pression est $p = n\mu\mathcal{V}^2/3$, μ étant la masse d'une molécule et n le nombre des molécules présentes dans l'unité de volume.

Considérons un tétraèdre trirectangle à trois arêtes égales, dont le volume est $x^3/6$, et la face rectangle $x^2/2$.

II. Écrivons la condition pour que la force d'inertie soit encore non négligeable vis-à-vis de l'une des trois forces de pression égales. Nous aurons, θ étant une fraction non négligeable,

$$(1) \qquad n\frac{x^3}{6}\mu\frac{V^2}{r} \geqq \theta n\mu\frac{\mathcal{V}^2}{3}\frac{x^2}{2}, \qquad \text{ou} \qquad x \geqq \theta r\frac{\mathcal{V}^2}{V^2}.$$

Mais, en désignant par l'indice o l'état dans le réservoir d'amont, nous avons $V^2 = K\mathcal{V}_0^2$, le facteur K étant très voisin, pour les détentes très poussées, de sa valeur limite, égale approximativement à 7/3 pour les gaz diatomiques et 5/3 pour les gaz monoatomiques.

La loi de détente $pv^\gamma = \text{const.}$ (avec $\gamma = 1,4$ pour les gaz diatomiques et 1,666 pour les monoatomiques) entraîne corrélativement

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}, \qquad \text{donc} \qquad \frac{\mathcal{V}^2}{\mathcal{V}_0^2} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}.$$

La condition (1) devient alors, en posant $r\theta/K = \Theta$,

$$(2) \qquad x \geqq \Theta\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}.$$

III. Écrivons d'autre part que l'arête x devient trop petite pour que reste légitime la notion de pression dans le tétraèdre. Nous conviendrons arbitrairement que cela correspond au moment où il ne contient plus que 100 molécules.

Prenons 6.10^{23} comme valeur approximative du nombre de molécules dans une molécule-gramme. Soient $p_0 = k$ atmosphères et $T_0 = h \times 273$. Le volume moléculaire est alors, dans le réservoir $U_0 = 22320\,h/k$; et, au point considéré $U_0\,p_0/p\;T/T_0 = U_0(p_0/p)^{1/\gamma}$. La condition envisagée s'écrira alors

$$(3) \qquad 6.10^{23}.\frac{\frac{x^3}{6}}{U_0\left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{1}{\gamma}}} \leqq 100, \quad \text{ou} \quad x^3 \leqq U_0.10^{-21}\left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{1}{\gamma}}, \quad \text{ou} \quad x \leqq U_0^{\frac{1}{3}}.10^{-7}\left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{1}{3\gamma}}.$$

IV. En combinant les conditions (2) et (3), il vient, comme condition pour que soit défaillante la notion d'isotropie de la pression, la relation

$$(4)\qquad \Theta\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \leqq U_0^{\frac{1}{3}}.10^{-7}\left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{1}{3\gamma}}, \quad \text{ou} \quad \left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{3\gamma-2}{3\gamma}} \geqq \frac{\Theta}{U_0^{\frac{1}{3}}}.10^{7}.$$

V. Par ailleurs, la notion de pression elle-même ne deviendrait à son tour défaillante que si l'arête x du tétraèdre qui contient 100 molécules devenait par exemple de l'ordre du millimètre. La relation (3) donnerait alors

$$(5)\qquad \left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{1}{3\gamma}} \geqq \frac{10^6}{U_0^{\frac{1}{3}}}.$$

Elle correspond à des détentes encore beaucoup plus poussées que celles qui satisfont à la relation (4).

VI. Considérons par exemple un gaz diatomique, initialement comprimé à la température ordinaire (h voisin de 1), sous une pression telle (k voisin de 23^{atm}) que le volume moléculaire U_0 soit égal à 10^3 (un litre), d'où $U_0^{1/3} = 10$. Envisageons le cas d'un rayon de courbure $r = 1^{\text{cm}}$. Prenons $\theta = 1/10$. Alors $\Theta = 1/10K = 3/70$. D'autre part $3\gamma = 4,2$ et $3\gamma/3\gamma - 2 = 1,91$.

On trouve alors, par la condition (4), que l'isotropie est en défaut pour

$$(6)\qquad \log\frac{p_0}{p} = 9 \text{ environ},$$

tandis que la notion même de pression ne serait mise en défaut par la condition (5) que pour

$$(7)\qquad \log\frac{p_0}{p} = 21.$$

Des détentes aussi poussées que celle définie par la relation (6) ne se rencontrent pas dans la pratique industrielle. En la supposant réalisée, la pression très basse qu'elle représente ($p = 23/10^9 = 2,3.10^{-8}$ atmosphère) ne pourrait d'ailleurs subsister que dans le filet le plus voisin du centre de courbure, car l'accélération centripète imposée aux filets exige un gradiant très rapide de la pression lorsque l'on s'éloigne du centre de courbure.

VII. Si l'on examine l'hypothèse d'un écoulement adiabatique de vapeur de mercure (monoatomique), depuis une chaudière à 500° C. jusqu'à un condenseur à 40° C. ($p_0/p = 10^6$), on trouve que, à la pression du condenseur, il faudrait un rayon de courbure de l'ordre du millimètre pour réaliser la condition d'anisotropie définie en IV.

PHOTOMÉTRIE ASTRONOMIQUE. — *Sur les applications de l'héliomètre à la photométrie astronomique.* Note de M. **Raymond Tremblot**, présentée par M. Ch. Fabry.

Une des opérations les plus fréquentes de la photométrie astronomique consiste à déterminer la différence de magnitude de deux étoiles voisines sur la sphère céleste. Nous nous sommes proposé la réalisation d'un instrument permettant d'effectuer directement cette comparaison avec la plus grande précision possible, en faisant appel aux méthodes de photométrie sans écran diffusant, déjà appliquées avec succès par MM. Couder et Dufay (1) aux mesures stellaires.

L'emploi de l'héliomètre est particulièrement commode pour faire coïncider devant un œilleton les images de deux étoiles, provenant chacune d'une moitié de l'objectif; l'œil perçoit alors deux plages semi-circulaires, uniformément éclairées par les deux sources à comparer. Un dispositif de gradation, agissant sur le faisceau le plus intense, suffit à transformer l'instrument en photomètre. La méthode que nous avons adoptée consiste à séparer légèrement les images, et à affaiblir la plus brillante au moyen d'un petit coin absorbant mobile dans le plan focal. Le réglage, facilité par l'emploi d'un coin compensateur réalisant une densité optique uniforme sur une moitié de l'œilleton, s'effectue très aisément quand l'héliomètre est porté par une monture équatoriale stable et correctement entraînée.

En dehors de toute considération sur les courses d'erreur provenant des conditions atmosphériques, qu'un tel dispositif permet d'éviter presque complètement (2), l'héliomètre semble présenter quelques avantages sur les photomètres à plages utilisant une source artificielle de comparaison. Une mesure nécessite quatre fois moins de pointés pour atteindre une précision au moins égale sur la différence de magnitude à déterminer. Les deux plages ont exactement le même aspect et peuvent être comparées en lumière totale ou à travers un écran très peu sélectif. L'équation de position, que l'on ne saurait négliger tout à fait, peut être éliminée par une rotation de 180° du système objectif intervertissant les éclairements des

(1) J. Dufay, Thèse, Paris, 1928, p. 22; *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 166; *Revue d'Optique*, **8**, 1929, p. 321.

(2) De même que les photomètres décrits par M. A. Danjon, *Annales de l'Observatoire de Strasbourg*, **2**, 1928, p. 56.

deux plages. Le coin photométrique affaiblit une fraction égale des deux images du ciel projetées sur l'œilleton, même par clair de lune, la lumière parasite reçue par l'œil, provenant pour une part égale de chaque moitié de l'objectif, n'introduit aucune erreur dans la comparaison d'étoiles voisines.

Nous avons fait construire un petit modèle d'essai, muni d'un objectif de 75^{mm} de diamètre et de 450^{mm} seulement de distance focale, dont le dédoublement maximum correspond à un angle de 5°. Le coin photométrique, en verre NG 3 de Schott, présente une neutralité presque parfaite. Les conditions d'emploi de cet instrument sont bien celles que laissent prévoir les résultats des expériences de M. Dufay et M[lle] Schweigler (1), concernant la mesure au laboratoire des faibles brillances. L'écart moyen d'un pointé, sur un couple d'étoiles dont la plus faible est de magnitude 4,0 à 4,5, peut être évalué à 3 pour 100 dans les conditions atmosphériques les plus fréquentes; il n'atteint 5 pour 100 que par une très forte scintillation, dans des circonstances assez rares. On peut donc compter sur une précision de l'ordre du centième, en n'effectuant qu'une dizaine de pointés.

L'héliomètre répond de même à la plupart des exigences de la photométrie photographique différentielle. On amène alors les images stellaires en coïncidence devant un petit diaphragme, un système à court foyer, disposé immédiatement en arrière, projette sur la plaque une image très réduite de l'objectif, suivant la méthode proposée par M. Fabry; on impressionne donc simultanément les deux petites plages contiguës dont on devra comparer le noircissement, en évitant à la fois les effets des variations de transparence de l'atmosphère au cours de la pose, de la non-uniformité des propriétés de l'émulsion et des transformations de l'image latente avant le développement.

Un dispositif à double image, comme le biprisme de Pickering, suffit à transformer une lunette quelconque en photomètre sans écran diffusant, susceptible des mêmes applications, l'emploi de quatre prismes permettant même la réalisation d'un champ à contraste.

---

(1) J. Dufay et M[lle] R. Schweigler, *Revue d'Optique*, 9, 1930, p. 263.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la détermination expérimentale des densités électroniques.* Note de M. **Jacques Solomon**, présentée par M. P. Langevin.

La théorie des chocs est suffisamment confirmée par l'expérience pour qu'il soit possible maintenant de renverser le problème et de chercher à déduire des observations sur les chocs une détermination expérimentale de la structure électronique des éléments complexes.

Plaçons-nous dans le domaine de validité de la méthode de Born. Soient $2\pi|f(\sin\theta/2)|^2 \sin\theta\, d\theta$ le nombre de particules diffusées dans l'angle $(\theta, d\theta)$, h la constante de Planck, e, m et v la charge, la masse et la vitesse de l'électron incident, λ la longueur d'onde correspondante, Z le numéro atomique de l'atome considéré; posons enfin $\sin\theta/2 = \mu$, $4\pi r/\lambda = x$, r étant la distance du noyau au point où la densité électrique est $e\rho(r)$.

Dans ces conditions, la méthode de Born nous montre que $f(\mu)$ se met sous la forme

$$f(\mu) = \frac{e^2}{2mv^2}\,\frac{Z - F(\mu)}{\mu^2}, \tag{1}$$

où $F(\mu)$ est le facteur de forme de l'atome donné par

$$F(\mu) = \frac{\lambda^3}{16\pi^2\mu}\int_0^\infty \rho\left(\frac{x\lambda}{4\pi}\right) x \sin\mu x\, dx. \tag{2}$$

L'inversion de cette intégrale de Fourier nous donne pour la densité cherchée

$$\rho(r) = \frac{4\pi}{\lambda^2 r}\int_0^\infty \mu\, F(\mu) \sin 4\pi\mu\frac{r}{\lambda}\, d\mu, \tag{3}$$

formule qui nous permet de déduire très simplement la densité électronique de l'observation expérimentale du facteur de forme de l'atome.

On pourra remarquer que, dans (3), l'intégration s'étend de o à ∞ alors que $F(\mu)$ n'est défini que pour $|\mu| \leqq 1$. Par suite, l'expérience ne nous donnant $F(\mu)$ que dans le domaine $0 \leqq \mu \leqq 1$, en dehors de cet intervalle on peut prendre pour $F(\mu)$ une fonction quelconque. On peut se rendre compte aisément des répercussions qu'a, sur la détermination de $\rho(r)$, cet arbi-

traire. On peut écrire, en effet,

$$\rho(r)=\frac{1}{4\pi r^3}\int_0^\infty z\,\mathrm{F}\left(\frac{\lambda z}{4\pi r}\right)\sin z\,dz$$

$$=\frac{1}{4\pi r^3}\left\{\int_0^{\frac{4\pi r}{\lambda}} z\,\mathrm{F}\left(\frac{\lambda z}{4\pi r}\right)\sin z\,dz+\int_{\frac{4\pi r}{\lambda}}^\infty z\,\mathrm{F}\left(\frac{\lambda z}{4\pi r}\right)\sin z\,dz\right\},$$

ce qui nous montre que cet arbitraire ne joue de rôle important pour la détermination de $\rho(r)$ que pour les valeurs de r inférieures à $\lambda/4\pi$ environ.

Nous arrivons donc au résultat suivant : la méthode des chocs permet bien de déterminer la densité électrique mais à une région près, d'extension $\lambda/4\pi$ environ, autour du noyau. C'est bien ce à quoi on devait s'attendre physiquement. On remarquera que d'après la théorie classique, pour un champ à peu près coulombien, nous pourrions explorer le champ jusqu'à une distance $2\mathrm{Z}e^2/mv^2$ environ; le rapport de cette distance à $\lambda/4\pi$ est mesuré par $8\pi\mathrm{Z}e^2/hv$. Comme la petitesse de cette grandeur est justement nécessaire pour que la méthode de Born ait un sens, nous voyons que la théorie des quanta, du fait que l'on y renonce à la notion de trajectoire, nous fait perdre de la précision sur la mesure de la charge.

La méthode précédente est encore applicable à la détermination de la loi de forces intervenant entre particule incidente et centre diffusant. Soit $\mathrm{V}(r)$ l'énergie potentielle en question; on obtient par la même méthode que précédemment la relation

$$\mathrm{V}(r)=\frac{h^2}{128\pi^4 m\lambda^2}\,\frac{1}{r}\int_0^\infty \mu f(\mu)\sin 4\pi\mu\frac{r}{\lambda}\,d\mu, \tag{4}$$

sujette aux mêmes restrictions que la relation (3)

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Principes de la nouvelle électrodynamique quantique*. Note de MM. **Max Born** et **Léopold Infeld**, présentée par M. P. Langevin.

A partir des nouvelles équations du champ [1], il est possible, en raisonnant de façon classique, de considérer l'électron comme une singu-

---

[1] M. Born, *Nature*, 132, 1933, p. 282 et 970; 133, 1934, p. 63; *Proc. Roy. Soc.*, A, 143, 1934, p. 410; M. Born et L. Infeld, *Nature*, 132, 1933, p. 1004; *Proc. Roy. Soc.*, A, 144, 1934, p. 425.

larité du champ et de calculer sa masse à partir de sa charge et des constantes absolues. Nous nous sommes maintenant attaqués au problème correspondant de la théorie quantique. Pour cela il fallait tout d'abord quantifier les nouvelles équations du champ. Dans ce but, il est nécessaire d'admettre les postulats suivants :

1. Les grandeurs de champ forment deux tenseurs antisymétriques, $\vec{B}$, $\vec{E}$ et $\vec{D}$, $\vec{H}$. Pour effectuer la quantification, il est commode de diviser ces tenseurs et de renoncer à l'évidence formelle de l'invariance relativiste ; on la démontre après coup. Prenons pour vecteurs fondamentaux $\vec{D}$, $\vec{B}$; si l'on différentie la densité d'énergie $U(\vec{D}, \vec{B})$ par rapport aux composantes de $\vec{D}$ et $\vec{B}$, on obtient $\vec{E}$ et $\vec{H}$. Les raisonnements classiques donnent pour U l'expression [1]

$$(1) \qquad 4\pi U = \sqrt{1 + \vec{B}^2 + \vec{D}^2 + (4\pi)^2 \vec{S}^2} - 1$$

en unités naturelles, $\vec{S} = 1/4\pi (\vec{D} \times \vec{B})$ étant le vecteur de Poynting.

2. Pour la quantification, on regarde $\vec{B}$, $\vec{D}$ comme des nombres-q (opérateurs) qui sont des fonctions des nombres-c x, y, z, t. On admettra que $\vec{D}$, $\vec{B}$, $\nabla\vec{D}$, $\nabla\vec{B}$ $(\nabla = \partial/\partial x, \partial/\partial y, \partial/\partial z)$ sont permutables. Soient F et G des fonctions qui dépendent de $\vec{B}$ et $\vec{D}$ et également de x, y, z explicitement et qui sont développables en séries de puissances de $\vec{B}$ et $\vec{D}$. Alors les intégrales

$$\int F(x, y, z, \vec{B}, \vec{D})\, dv, \qquad \int G(x, y, z, \vec{B}, \vec{D})\, dv,$$

étendues à tout l'espace, ne sont pas permutables. On doit avoir

$$(2) \qquad \left[\int F\, dv, \int G\, dv\right] = 4\pi \int \left\{ \frac{\partial F}{\partial \vec{B}} \left(\nabla \times \frac{\partial G}{\partial \vec{D}}\right) - \frac{\partial F}{\partial \vec{D}} \left(\nabla \times \frac{\partial G}{\partial \vec{B}}\right) \right\} dv.$$

Dans cette relation, $[a, b] = h/i(ab - ba)$ et l'on doit prendre les deux intégrales au même temps t. F et G sont des fonctions quelconques de x, y, z, $\vec{B}$, $\vec{D}$ tendant suffisamment vite vers zéro à l'infini. Ce sont essentiel-

---

[1] Le choix de l'expression (1) est absolument essentiel pour tout ce qui suit, car c'est seulement dans ce cas que $\vec{E} \times \vec{H} = \vec{D} \times \vec{B}$.

lement les mêmes relations de permutation que dans l'électrodynamique quantique de Heisenberg et Pauli, mais écrites de manière à éviter l'emploi de la fonction δ de Dirac.

3. Des équations de Maxwell, il n'est nécessaire de postuler que

$$\text{div}\,\vec{D} = 0, \qquad \text{div}\,\vec{B} = 0. \tag{3}$$

Si l'on pose alors par définition

$$\left\{ \begin{aligned} &\frac{\partial F(\vec{D}, \vec{B})}{\partial t} = [W, F], \\ &W = \int U\, dv = \text{énergie totale}, \end{aligned} \right. \tag{4}$$

les relations de permutation nous fournissent les autres équations du champ. On a de plus

$$\nabla F = -\left[\vec{p}, F(\vec{D}, \vec{B})\right] \tag{5}$$

si

$$\vec{p} = \int \vec{S}\, dv \tag{6}$$

est la quantité de mouvement totale.

CHALEUR. — *Détermination des pressions de vapeur des carbures d'hydrogène.* Note ([1]) de M. **Schmitt**, présentée par M. G. Urbain.

Pour déterminer les pressions de vapeur, nous avons choisi la méthode statique, qui présente, sur la méthode dynamique plus souvent utilisée, l'avantage d'opérer sur de petites quantités de produits, et de donner des résultats plus précis, les conditions d'équilibre entre la phase liquide et la phase vapeur étant mieux réalisées.

Nous avons cherché à rendre cette méthode utilisable pour la détermination des pressions de vapeur de mélanges formés d'un nombre quelconque de carbures.

La principale difficulté expérimentale consiste à introduire dans l'appareil de mesure le liquide à étudier, parfaitement exempt de gaz dissous, sans apporter de modification à sa composition. Nous avons résolu ce pro-

([1]) Séance du 19 novembre 1934.

blème en faisant, dans l'appareil même, bouillir le mélange de carbures sous le vide, le solidifiant dans l'air liquide, faisant un vide parfait au-dessus du solide ainsi obtenu, et recommençant une dizaine de fois cette série d'opérations.

Pour contrôler ce mode de dégazéification, nous avons d'abord déterminé les pressions de vapeur d'un carbure déjà bien étudié à ce point de vue (benzène) et constaté le bon accord de nos nombres avec ceux des meilleurs auteurs.

Nous avons ensuite étudié le toluène, le *n*-hexane, le méthylcyclopentane [1], des mélanges binaires de carbures, puis des mélanges complexes qui constituent les essences.

Dans cette Note nous ne nous occuperons que des carbures purs.

Il convient pour obtenir des résultats d'une grande précision : d'opérer avec des produits très purs, d'éliminer les gaz adsorbés par le verre, de maintenir tout l'appareil à la température voulue, d'agiter le liquide en expérience.

L'appareil se compose essentiellement d'une chambre barométrique U, en communication d'une part avec un manomètre M et d'autre part avec un système d'introduction.

Un tube auxiliaire X, en relation avec le manomètre, permet d'élever ou d'abaisser le niveau du mercure dans les branches de ce dernier.

Le liquide dégazéifié est introduit dans la chambre U, par l'intermédiaire d'un tube capillaire *t*; le système d'introduction est ensuite séparé, en scellant sous le vide le tube *t*.

Les carbures d'hydrogène ayant un assez fort coefficient de dilatation, il faut, aux basses températures, laisser au-dessus du liquide un espace libre assez grand pour qu'aux températures élevées le liquide ne sorte pas du vase U. Un petit siphon, S, permet de faire passer du mercure de la branche du manomètre M dans le vase U, et ainsi de modifier à volonté le volume de l'espace libre au-dessus du liquide. En particulier, en soulevant le réservoir X, on peut réduire ce volume jusqu'à une valeur nulle. Si le liquide est parfaitement exempt de gaz dissous, la phase vapeur doit disparaître instantanément; si la dégazéification n'est pas parfaite, il reste une petite bulle gazeuse qui se rassemble à l'extrémité du tube *t*. Cette bulle disparaît au bout d'un temps plus ou moins long suivant son importance. On a ainsi un moyen simple de vérifier la valeur de la dégazéification. En outre nous avons constaté que, lorsque la dégazéification est bonne, on peut, la phase liquide existant seule, exercer sur le liquide une pression négative, c'est-à-dire *tirer* sur lui sans qu'apparaisse la phase vapeur. L'obtention de ce résultat est un excellent critère de la dégazéification.

Pour relier les pressions à la température, nous nous sommes servi de la

---

[1] Fournis par le Bureau international d'étalons physicochimiques.

relation d'Antoine (¹)

$$\log p = A + \frac{B}{C+t},$$

A, B, C étant des constantes d'ajustement. On en tire dp/dt et, par la formule de Clapeyron, la chaleur de vaporisation moléculaire L :

$$\frac{dp}{dt} = \frac{(A - \log p)^2 p}{B \log e}, \qquad L = 4{,}57\, B \frac{T^2}{(C+t)^2}.$$

Dans le tableau suivant se trouvent les valeurs de A, B, C ainsi que celles de dp/dt, dt/dp et de l (chaleur de vaporisation-gramme) relatives à la pression de 760^{mm}. Les chaleurs de vaporisation ainsi déterminées sont un peu plus élevées que les valeurs trouvées expérimentalement par divers auteurs.

	n-hexane.	Méthylcyclopentane.	Benzène.	Toluène.
A.......	5,99203	5,88543	6,07886	6,06446
B......	1235,31	1205,88	1301,94	1416,26
C.......	231,56	229,09	229,98	227,82
dp/dt...	2,39	2,33	2,37	2,16
dt/dp...	0,417	0,430	0,422	0,462
l.......	85,1	86,2	99,1	90,5

IONISATION DES GAZ. — *Sur la structure de la couche ionisée de l'atmosphère* (*ionosphère*). Note (²) de MM. **Théodore Ionescu** et **Constantin Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

En analysant d'une façon détaillée les résultats de nos expériences sur les gaz ionisés, nous sommes arrivés à la conclusion que les électrons libres présents dans notre tube sont animés d'une vitesse plus petite que celle donnée par le potentiel accélérateur. Sa valeur est fonction de la pression du gaz; elle indique qu'il n'y a pas d'équilibre thermique entre les électrons et les molécules et que la vitesse est la même pour tous les électrons; par conséquent, les vitesses ne sont pas distribuées suivant la loi de Maxwell.

Cette analyse nous a permis de vérifier d'une façon quantitative les for-

(¹) *Comptes rendus*, **107**, 1888, p. 681. Voir également A. Schmidt, *J. Chim. Phys.*, **15**, 1917, p. 97.

(²) Séance du 26 novembre 1934.

mules donnant la constante diélectrique ε et la conductibilité σ :

$$(1)\qquad \varepsilon = 1 - \frac{N e^2}{\pi m c^2 \lambda^2}\left(1 - \frac{\sin 2\pi \frac{\tau}{T}}{2\pi \frac{\tau}{T}}\right), \qquad \sigma = \frac{N e^2}{4\pi^2 m c^2 \lambda^2}\left(1 - \cos 2\pi \frac{\tau}{T}\right),$$

où τ désigne ici le temps de séjour d'un électron dans le condensateur et T la période de l'onde.

En partant de ces résultats nous avons essayé de calculer la réflexion des ondes électromagnétiques dans les hautes couches de l'atmosphère en admettant : *a*, que l'intervalle de temps τ entre deux chocs d'un électron, en une région donnée de l'atmosphère, est le même pour tous les électrons; *b*, que les électrons sont animés d'une vitesse plus grande que n'exige l'équilibre thermique entre les électrons et les molécules du gaz; *c*, qu'il n'y a qu'une seule couche ionisée de l'atmosphère dont la densité électronique N varie avec l'altitude d'une façon continue sans présenter des minima et des maxima dans la région de l'atmosphère où l'on observe les réflexions des ondes.

Nous avons donc calculé ε et σ à l'aide des formules (1). Ces valeurs nous ont servi pour calculer l'indice de réfraction n, l'extinction k et la réflexion ΔR

$$(2)\qquad n = \sqrt{\frac{1}{2}\left(\sqrt{\varepsilon^2 + 4\sigma^2 T^2} + \varepsilon\right)}, \qquad k = \sqrt{\frac{1}{2}\left(\sqrt{\varepsilon^2 + 4\sigma^2 T^2} - \varepsilon\right)},$$

$$(3)\qquad \Delta R = \frac{(\Delta n)^2 + (\Delta k)^2}{n^2 + k^2}$$

(Δn et Δk sont les variations de n et k avec l'altitude). Les courbes ΔR tracées en fonction de τ présentent des maxima. C'est pour les valeurs correspondantes de τ qu'a lieu la réflexion. Nous avons calculé ainsi les courbes de réflexion pour des ondes incidentes de fréquences ν, en admettant diverses fonctions pour la variation de τ et de N avec l'altitude [1].

Sur la figure on a tracé les courbes représentant les variations en fonction de la fréquence, des altitudes des couches où se produisent les réflexions. Les courbes r, r' se rapportent aux hauteurs où se font réellement

[1] Nous avons complété ces calculs par les évaluations des retards subis par les signaux ayant les vitesses de groupe

$$v = \frac{c}{n + \omega \frac{dn}{d\omega}}.$$

les réflexions, les courbes a, a' aux hauteurs apparentes des réflexions, ce sont ces dernières que l'expérience doit donner. La figure a été tracée en admettant que N est proportionnel à τ et que les variations de τ et de N sont représentées en fonction de l'altitude par la courbe τ à gauche de la

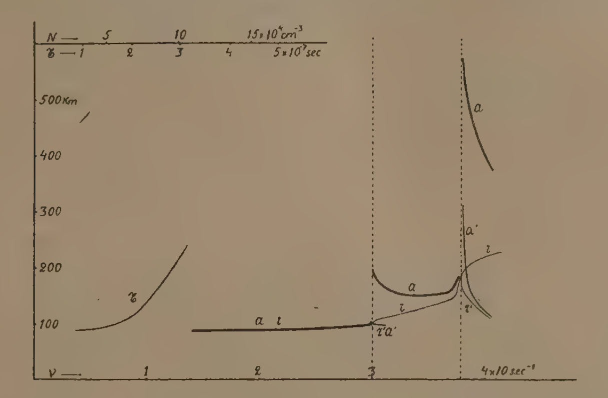


figure. Ces courbes reproduisent parfaitement l'allure des phénomènes observés.

La conclusion qui s'ensuit est que les discontinuités que l'on observe expérimentalement ne sont qu'apparentes et que les niveaux de réflexion réels varient d'une façon continue.

De même les réflexions ne sont pas totales mais partielles, et cela explique pourquoi d'une façon générale l'énergie réfléchie est plus petite que celle qu'on s'attendrait à trouver s'il y avait toujours des réflexions totales.

Le calcul indique que la réflexion totale n'est qu'un cas particulier réalisé au moment où l'on passe d'un niveau à un autre, ce qui est en accord avec les observations.

Les domaines des fréquences réfléchies par une couche donnée sont fonctions de la densité et de sa variation avec la hauteur. Pour N croissant d'une façon peu rapide avec la hauteur, on peut observer des réflexions multiples pour une certaine longueur d'onde.

Sur la figure on observe que pour des fréquences supérieures aux fréquences des discontinuités il y a deux niveaux accusés de réflexion (branches a' et r' de nos courbes).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les applications d'une méthode d'analyse capillaire.* Note de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'avais signalé (¹) que l'emploi en solution benzénique d'une base appelée sapamine et utilisée comme produit mouillant (²) permettait d'étendre aux milieux acides le procédé d'analyse capillaire que j'avais proposé autrefois pour les liqueurs alcalines (³). En effet, les sels de sapamine, solubles dans l'eau, abaissent dans des proportions énormes la tension superficielle de ce liquide. Si donc on dissout la sapamine dans la benzine, et qu'on mesure par la méthode des gouttes la tension interfaciale de ce liquide vis-à-vis d'une solution aqueuse, on constate une chute de tension marquée dès que le milieu aqueux supposé préalablement neutre devient acide.

J'avais indiqué déjà dans la Note précitée quelques applications du procédé, particulièrement à l'étude de la neutralisation des bases par les acides. J'ai poursuivi cette étude et je voudrais seulement mentionner ici, entre beaucoup d'autres, quelques résultats nouveaux.

a. Solubilité de la magnésie dans l'eau. — J'ai laissé séjourner de la magnésie au contact d'eau distillée bouillie. A un volume invariable (50^{cm^3}) de la liqueur ainsi obtenue, j'ai ajouté des proportions croissantes d'acide chlorhydrique titré. Puis sur chaque solution ainsi obtenue, j'ai effectué une mesure de tension interfaciale en faisant tomber goutte à goutte ladite solution dans de la benzine additionnée de sapamine. Les résultats sont consignés ci-dessous :

(x = volume d'acide décinormal ajouté à 50^{cm^3} de solution saturée de magnésie, a = volume de 100 gouttes.)

x (cm³)...........	0	0,40	0,80	1,18	1,57	2,00	2,20
a (cm³)...........	1,25	2,50	4,00	4,25	4,25	0,87	0,05

La tension superficielle commence donc par croître avec les additions d'acide (⁴), puis décroît brusquement à partir d'une valeur qui correspond évidemment à la saturation.

(¹) René Dubrisay, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1605.

(²) Hartmann et Kagi, *Zeits. f. angew. Chem.*, **41**, 1928, p. 127.

(³) René Dubrisay, *Comptes rendus*, **156**, 1913, p. 894.

(⁴) J'avais déjà reconnu que la tension interfaciale étudiée est plus forte en milieu neutre qu'en milieu alcalin, l'abaissement par les bases n'étant toutefois pas comparable à celui que produisent les acides.

b. Formation d'acides par oxydation photochimique des alcools. — Si l'on expose à la lumière des ballons contenant en présence d'air une certaine quantité d'alcool, il y a oxydation avec formation entre autres d'acides organiques. J'ai éclairé pendant 100 heures au moyen d'une lampe à mercure de l'alcool éthylique contenu soit dans un ballon de verre, soit dans un ballon de quartz, puis j'ai mesuré la tension interfaciale des liqueurs obtenues par addition de 10^{cm^3} des alcools éclairés dans 100^{cm^3} d'eau. Les résultats ont été les suivants :

	cm³
Volume de 100 gouttes avant éclairement	3,50
Volume de 100 gouttes après éclairement dans le verre	3,60
Volume de 100 gouttes après éclairement dans le quartz	2,20

L'acidification sous l'effet de la lumière ultraviolette est donc manifeste.

c. J'avais antérieurement mis en évidence l'altération de certains vases de laboratoire par action de l'eau, en suivant précisément par la méthode capillaire [1] l'accroissement d'alcalinité d'eau maintenue en présence de ces vases. Le procédé actuel m'a permis en collaboration avec M. Henri Lafuma de compléter cette étude : nous avons pu, en effet, suivre les diminutions d'acidité de solutions d'acides divers maintenus au contact de différents vases. Je mentionnerai seulement ici quelques résultats particulièrement typiques.

Nous enfermions 20^{cm^3} d'une solution d'acide sulfurique N/5000 dans des flacons bouchés à l'émeri, et le tout était maintenu au bain-marie pendant 3 heures. Nous mesurions ensuite la tension interfaciale vis-à-vis d'une solution benzénique de sapamine d'une part des liqueurs ainsi traitées, d'autre part de la solution acide primitive. On a indiqué dans le tableau suivant le volume correspondant à l'écoulement de 100 gouttes.

	cm³
Solution acide primitive	1,00
Solution maintenue au contact d'un flacon de verre ordinaire	1,40
Solution maintenue au contact d'un flacon de verre ordinaire ancien	1,60
Solution maintenue au contact d'un flacon de verre spécial	1,00

On voit qu'avec les verres ordinaires il y a eu augmentation de la tension superficielle, donc diminution d'acidité et par suite attaque. Rien de tel ne se manifeste avec le flacon de verre spécial.

---

(1) *Ann. de Chim.*, **9**, 1918, p. 25.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Dosage réfractométrique des protéines sériques.* Note (1) de M. **Mladen Paić** et Mlle **Valéria Deutsch**, présentée par M. G. Urbain.

Reiss en 1904 (2) a élaboré une méthode de dosage réfractométrique des protéines sériques. Il détermine à 17°,5 C. l'indice de réfraction $n_D^{17,5}$(*sér.*), et en soustrayant de cette valeur l'indice de réfraction du sérum protéines. déprotéiné $n_D^{17,5}$(*déprot.*), il obtient l'indice $n_D^{17,5}$(*prot.*) correspondant aux Cet auteur admet que le rapport

$$(1) \qquad \frac{n_t^D(prot.)}{c} = s,$$

où c est la concentration des protéines, ainsi que l'indice $n_D^{17,5}$(*déprot.*) ne varient pas d'un sérum à l'autre. Depuis, des critiques diverses ont été faites à cette méthode et aux valeurs trouvées par Reiss (3). La méthode réfractométrique étant très simple, rapide et n'exigeant que quelques gouttes de sérum, il nous a paru intéressant de l'étudier de plus près, en l'appliquant aux sérums frais de lapins.

Pour déterminer la concentration c, les protéines ont été dosées gravimétriquement (4). Les résultats ainsi obtenus concordent entre eux, pour un même sérum, à 1/100e près. En tout 20 sérums ont été examinés. La teneur c en protéines varie entre 5,24 et 8,32, la valeur moyenne est 6,52 g/100 cm³.

Les valeurs extrêmes observées pour $n_D^{20,2}$(*sér.*) étaient 1,34476 et 1,35028, et la moyenne était 1,34726 (5).

Afin de voir comment varie d'un sérum à l'autre l'indice de réfraction n_D^t(*déprot.*) du sérum déprotéiné, nous avons employé la méthode de Robertson (3).

---

(1) Séance du 26 novembre 1934.

(2) E. Reiss, *Arch. exp. Pathol. u. Pharm.*, 51, 1904, p. 18.

(3) A. Homer, *J. Soc. Ch. Ind.*, 38, 1919, p. 145; O. Arnd et E. A. Hafner, *Bioch. Z.*, 167, 1926, p. 440; T. B. Robertson, *J. Biol. Ch.*, 11, 1912, p. 179; F. Rohrer, *Schw. Med. Woch.*, 52, 1922, p. 555; W. Starlinger et K. Hartl, *Bioch. Z.*, 160, 1925, p. 113; K. Recknagel, *Arch. exp. Path. Pharm.*, 125, 1927, p. 257; W. von Frey, *Bioch. Z.*, 148, 1924, p. 53.

(4) Méthode de Kniping et Konitz, modifiée par Starlinger et Hartl, *loc. cit.*

(5) Comparer A. Vernes et A. L. Marchadier, *C. R. Soc. Biol.*, 82, 1919, p. 176.

On a alors

$$(2) \qquad n_D^{20,2}(\textit{déprot.}) = 2[n_D^{20,2}(\textit{résid.}) - n_D^{20,2}(\textit{acét.})] + n_D^{20,2}(\textit{eau}),$$

où $n_D^{20,2}$ (*résid.*) représente l'indice de réfraction du liquide résiduel, après coagulation des protéines, $n_D^{20,2}$ (*acét.*) celui de l'acide acétique $n/50$ et $n_D^{20,2}$ (*eau*) celui de l'eau. Les valeurs $n_D^{20,2}$ (*déprot.*) ainsi déterminées varient entre 1,33503 et 1,33549; la valeur moyenne obtenue est 1,33527.

Les valeurs de s obtenues d'après la formule (1) varient entre 0,00172 et 0,00194, la valeur moyenne étant 0,00184.

Les valeurs moyennes de n_D^t (*déprot.*) et de s peuvent être déterminées encore par une autre méthode indépendante de celles indiquées ci-dessus. En portant dans un système de coordonnées les valeurs c, déterminées gravimétriquement, sur l'axe des abscisses et celles de $n_D^{20,2}$ (*sér.*) correspondantes sur l'axe des ordonnées, on obtient un ensemble de points qui déterminent une droite. En tenant compte de tous ces points on peut calculer, par la méthode des moindres carrés, l'équation linéaire suivante :

$$(3) \qquad n_D^{20,2}(\textit{sér.}) = 1,33560 + 0,00179c.$$

La constante 1,33560 correspond à la valeur moyenne de $n_D^{20,2}$ (*déprot.*) et la constante 0,00179 à la valeur moyenne de s. L'accord entre les valeurs déterminées d'après les formules (1) et (2) et celles déterminées d'après l'équation (3) est satisfaisant. A cause de la grande dispersion des valeurs n_D^t (*déprot.*) et s l'erreur moyenne avec laquelle on peut calculer, d'après (3), $n_D^{20,2}$ (*sér.*) où c est assez grande; elle est respectivement $\pm 0,00043$ pour $n_D^{20,2}$ (*sér.*) et $\pm 0,25$ pour c.

On pourrait penser que l'erreur qui entache c serait plus petite si l'on tenait compte, pour chaque sérum, de son indice $n_D^{20,2}$ (*déprot.*) En réalité nous avons constaté que dans ce cas l'erreur reste pratiquement la même ($\pm 0,22$).

Nous avons enfin examiné le coefficient de température des sérums de lapins. A cet effet n_D^t (*sér.*) de trois sérums a été déterminé à 14°,4, 20°,2 et 30°C. Le tableau suivant montre que l'indice de réfraction des sérums diminue avec la température, mais que cette diminution de n_D^t (*sér.*) est presque exclusivement due à la variation de l'indice n_D^t (*eau*). En effet, en faisant la différence n_D^t (*sér.*) — n_D^t (*eau*), on obtient des valeurs qui diminuent très peu avec la température et que nous pouvons considérer, dans le cas de notre application, comme constantes.

t°C.	n_D^t (sér.). Sér. I.	Sér. II.	Sér. III.	n_D^t (sér.) — n_D^t (eau). Sér. I.	Sér. II.	Sér. III.
14,4........	1,34797	1,34743	1,34787	0,01454	0,01400	0,01444
20,2........	1,34757	1,34689	1,34733	0,01458	0,01390	0,01434
30,0........	1,34644	1,34584	1,34629	0,01448	0,01388	0,01433

Dans l'équation (3) la constante $s = 0,00179$ peut donc être considérée, entre 14°,4 et 30°C., comme indépendante de la température. Par contre n_D (*déprot.*) $= 1,33560$ se compose de deux termes : n_D^t (*eau*) qui varie fortement avec la température, et

$$n_D^t\,(non\ prot.) = n_D^t\,(déprot.) - n_D^t\,(eau) = 0,00261$$

qui peut être considéré comme constant. La variation de n_D^t (*eau*) en fonction de la température t étant connue ([1]), on peut en définitive écrire l'équation (3) sous la forme

$$(4)\qquad C = \frac{n_D^t(sér.) - 1,3364 + 125.10^{-8}\,t + 2.10^{-6}\,t^2}{0,00179} \pm 0,25.$$

C'est donc à l'aide de cette formule, en connaissant l'indice de réfraction d'un sérum à n'importe quelle température entre 14,4 et 30°,0 C., que l'on peut déterminer la teneur en protéines d'un sérum de lapin. La précision de la méthode réfractométrique de détermination des protéines sériques n'est pas très grande mais elle pourra quand même, dans certains cas, rendre des services utiles.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelle détermination de la constante d'éthérification dans la phase gazeuse coexistante avec la phase liquide.* Note ([2]) de MM. **W. Swietoslawski** et **J. Salcewicz**, présentée par M. G. Urbain.

L'un de nous ([3]), en collaboration avec M. Poznanski, a déterminé la constante d'équilibre K_g de la réaction de formation de l'acétate d'éthyle dans la phase gazeuse, coexistant avec la phase liquide. La détermination exacte de cette constante présente de grandes difficultés, parce qu'une

---

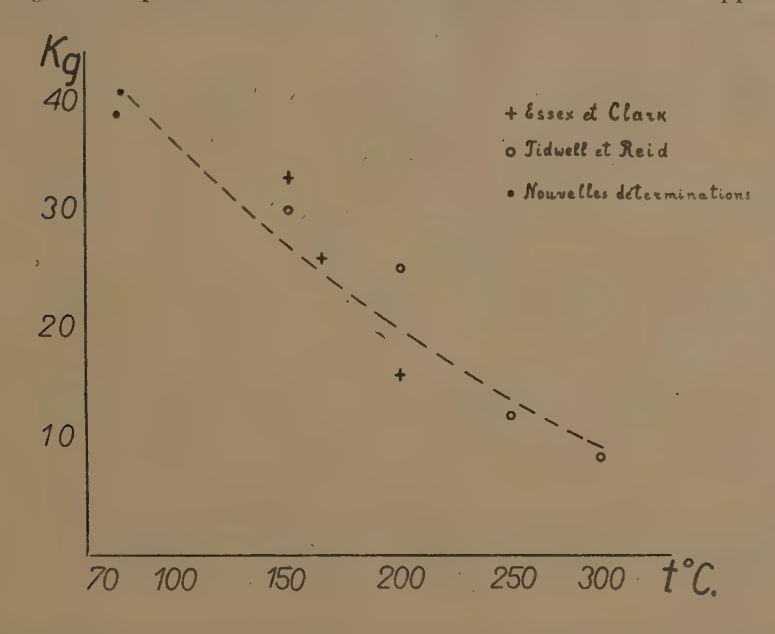
([1]) *Chemiker-Kalender*, III, 1933, p. 395.

([2]) Séance du 26 novembre 1934.

([3]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 92; Roczniki, *Chem.*, 8, 1928, p. 527.

petite erreur commise dans le dosage d'eau, ou provoquée par la déflegmation partielle des vapeurs, change considérablement la valeur numérique K_g. C'est pourquoi la constante $K_g = 58$, trouvée autrefois, ne pouvait être déterminée qu'avec une approximation de $\pm$ 10 pour 100. D'autre part, elle différait considérablement du nombre donné par Edgar et Schuyler ([1]).

Dans la présente recherche, l'appareil a été construit de telle sorte que la déflegmation partielle dans les tubes-conducteurs a été supprimée.



L'appareil a été muni de tous les perfectionnements apportés dernièrement par Swietoslawski dans la construction de ses ébullioscopes et de ses appareils à distillation. En outre, on a fait usage de la méthode d'analyse, élaborée par Salcewicz pour les mélanges d'éthanol, d'acide acétique, d'acétate d'éthyle et d'eau. Cette méthode permet de déterminer les concentrations dans ce mélange quaternaire avec une précision garantissant la détermination de K_g avec une précision de 2,5 pour 100 à 3 pour 100.

L'erreur provenant du fait que la distillation partielle change la compo-

([1]) *J. Am. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 64.

sition de la phase liquide, a été supprimée en faisant circuler une quantité considérable du mélange dans lequel les substances établissent l'équilibre. En outre ce mélange était additionné d'une quantité convenablement choisie du mélange de même composition que les vapeurs enlevées par la distillation. En conséquence, la marche continue a été réalisée de manière que la composition du liquide et des vapeurs, séparés par la distillation partielle, correspondait précisément à la composition d'équilibre dans chaque phase.

Pour le mélange de 1 mol-g d'acide acétique et d'éthanol, on a trouvé à la température 75°,9 C. les valeurs 40,5; 39,9; 42,0, qui correspondent à la moyenne $40,8 \pm 2$ pour 100. Pour le mélange de 1^{mol} d'acide acétique et 3^{mol} d'éthanol à la température de 73°,7 : 40,3 et 38,3, ce qui correspond à la valeur $39,3 \pm 2,5$ pour 100. A cause d'un accident, la valeur K_g trouvée pour la réaction de 3^{mol} d'acide acétique et de 1^{mol} d'éthanol n'a pu être déterminée avec la même précision. On a trouvé $K_g = 35 \pm 10$ pour 100. L'expérience n'a pas été répétée faute de substances de départ.

La figure représente graphiquement la variation de K_g en fonction de la température d'après les valeurs trouvées par différents auteurs. On peut conclure que les données de Tidwell et Reid ([1]) s'accordent mieux avec nos valeurs trouvées que les autres. On constate que K_g diminue en se rapprochant de la valeur de la constante d'équilibre du mélange liquide, pour atteindre cette valeur à sa température critique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Oxydation du sulfate manganeux par l'eau oxygénée en milieu alcalin.* Note ([2]) de M. **Pierre Dubois**, présentée par M. G. Urbain.

D'après A. Carnot ([3]) un mélange de sel manganeux et d'eau oxygénée donne, par addition d'ammoniaque, en excès, un manganite manganeux de formule : $5\,MnO^2$, MnO ou Mn^6O^{11}. Górgeu ([4]), dans des conditions expérimentales voisines forme un précipité de Mn^2O^3. La précision est de l'ordre de 1 pour 100. Carnot ([5]) refait ses expériences et obtient encore, à quelques millièmes près, Mn^6O^{11}. Contrairement à ses premières

---

([1]) *J. Am. Chem. Soc.*, **53**, 1931, p. 4353.

([2]) Séance du 19 novembre 1934.

([3]) *Comptes rendus*, **107**, 1888, p. 999 et 1150; *Bull. Soc. chim.* **1**, 1889, p. 279.

([4]) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **1**, 1890, p. 781; **3**, 1890, p. 401.

([5]) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **9**, 1893, p. 613.

observations, il note que la présence de sels étrangers influe sur le degré d'oxydation et qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser un excès d'eau oxygénée (1). La potasse peut servir à la précipitation aussi bien que l'ammoniaque.

Les divergences des résultats obtenus par les deux auteurs paraissent inexplicables. En effet, il semble que l'emploi de quantités plus ou moins grandes d'eau oxygénée, de concentrations variables en sel manganeux, d'excès différents d'ammoniaque ne modifie pas la composition de l'oxyde précipité (Gorgeu).

Aussi, il était nécessaire d'entreprendre une étude systématique de l'influence de quelques facteurs de la réaction, en utilisant du sulfate manganeux à la concentration indiquée par Carnot en 1893.

Formation des précipités. — On opère sur 350^{cm^3} d'une solution contenant $0^{mol},00931$ de sulfate manganeux et, en général, une quantité d'eau oxygénée pouvant libérer $0^{at},00931$ d'oxygène. On y verse, à froid, en agitant sans arrêt, 50^{cm^3} d'une solution d'ammoniaque ou de potasse de titre convenable. L'ébullition, obtenue en 6 minutes, est prolongée 4 minutes. On filtre, puis lave avec 300^{cm^3} d'eau. Il n'y a pas d'eau oxygénée dans le filtrat.

Influence de la quantité d'ammoniaque et de la concentration en sulfate. — Les expériences sont faites avec des quantités d'ammoniaque variant du quart au triple de celle nécessaire, en théorie, à la précipitation du manganèse du sulfate. On obtient toujours à 1 pour 100 près, du Mn^2O^3 hydraté formé, dans certains cas, en présence de sulfate manganeux. La concentration de ce sulfate, variable dans ces expériences, n'influence donc pas l'oxydation. Le temps d'ébullition, au delà de 10 minutes, comme le passage d'un courant d'oxygène dans la solution, ne modifient pas la composition de l'oxyde qui est bien cristallisé aux rayons X (2).

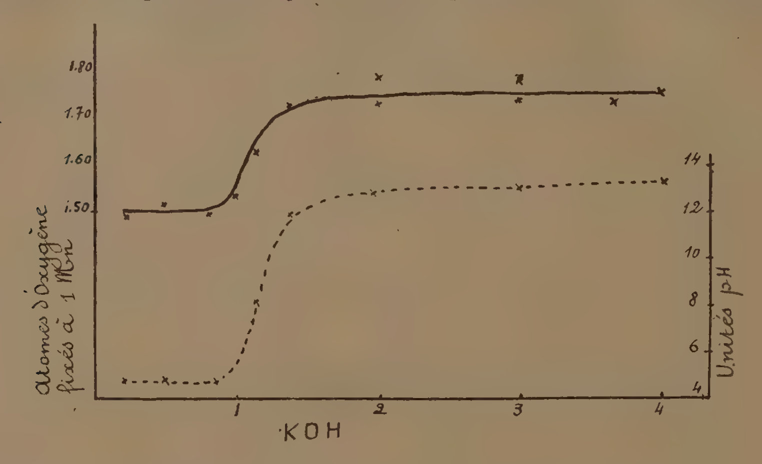
Influence du pH. — Pour avoir des mesures faciles, on précipite avec de la potasse. La courbe en pointillé indique les pH, pris en solution, après formation de l'oxyde.

Pour les deux courbes, l'unité, en abscisses, correspond à la quantité de potasse donnant, en théorie, la précipitation complète du manganèse. En fait, dans ce cas, 2 pour 100 environ du manganèse total restent en

(1) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 9, 1893, p. 214.

(2) MM. M. Mathieu et Kurylenko ont obtenu les diagrammes de poudre nécessaires à cette étude.

solution. L'oxyde se forme à pH constant. C'est du Mn^2O^3 hydraté identique, aux rayons X, à celui donné par l'ammoniaque. Si l'on emploie un excès de potasse, tout le manganèse précipite. On a des oxydes de composition assez variable entre $MnO^{1,50}$ et $MnO^{1,80}$. Ils retiennent, après lavage ordinaire, des quantités importantes de potasse et sont mal cristallisés



aux rayons X. Cependant leurs diagrammes présentent certaines raies du Mn^2O^3 hydraté.

Influence de la quantité d'eau oxygénée. — Une quantité double de celle pouvant oxyder en MnO^2 tout le sel manganeux ne modifie pas les résultats.

Mécanisme de la réaction. — Il est possible que les oxydes se forment par précipitation de MnO suivie d'une oxydation rapide de ce dernier. En effet, précipitons, partiellement, le manganèse du sulfate par l'ammoniaque ou la potasse; puis, ajoutons l'eau oxygénée. Son action, qui s'exerce à pH constant, donne du Mn^2O^3 hydraté identique aux rayons X, à ceux décrits ci-dessus.

En utilisant un excès de potasse, le produit est mal cristallisé, mais, son diagramme X a des raies communes avec les diagrammes précédents.

Si l'ammoniaque ne donne que du Mn^2O^3 hydraté c'est, sans doute, en raison des faibles variations de pH qu'elle produit, en présence du sulfate d'ammoniaque libéré par la réaction. On n'atteint donc pas des pH aussi élevés qu'avec la potasse.

Conclusion. — On peut précipiter, en totalité ou en partie, sous forme de Mn^2O^3 hydraté, le manganèse d'une solution de sulfate, mélangée d'eau oxygénée par addition d'ammoniaque.

On a aussi du Mn^2O^3 hydraté en employant de la potasse sans excès. Dans le cas contraire, le sesquioxyde est partiellement oxydé et retient de la potasse.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Sur les variations de la constante de vitesse de saponification par la soude des amides en solutions saturées.* Note [1] de M. et Mme **Édouard Calvet**, présentée par M. J. Perrin.

J'ai constaté que la constante de vitesse k de saponification par la soude des amides en *solutions saturées* varie beaucoup avec la concentration en soude, k étant défini par l'équation

$$\frac{dC_a}{dt} = kC_aC_s, \qquad (1)$$

où C_a et C_s sont les concentrations en amide et soude à l'instant t.

J'avais déjà montré d'autre part (*Thèse*, Paris, 1932) que la solubilité des amides dans les solutions de soude varie aussi beaucoup avec la concentration en soude suivant la loi exprimée par

$$\log\frac{\theta}{C_a} = \gamma C_s, \qquad (2)$$

où θ est la solubilité de l'amide dans l'eau pure et γ une constante.

D'après les équations (1) et (2), si k était une constante, le rapport $\varphi = (dC_a/dt)/C_s$ devrait diminuer quand C_s augmente. Ce rapport augmente, au contraire, avec C_s. En ce qui concerne la benzamide en solution saturée dans la soude, on a

$$\left(\log_{10}\frac{dC_a}{dt}\right)\frac{1}{C_s} = -3,3 + 0,25\sqrt{C_s}. \qquad (3)$$

Méthode expérimentale. — Les expériences ont été faites à 17°,90 avec la benzamide. A l'instant initial on ajoutait une quantité connue de soude 10 N. Une partie de l'amide précipitait aussitôt et l'on agitait mécaniquement le mélange. On n'étudiait que les vitesses de début de saponification (taux de saponification d'environ 2 pour 100), de manière à éviter les erreurs dues au changement de milieu au cours de la réaction.

Pour la détermination de la quantité de benzamide transformée en sel ammoniacal, j'ai utilisé la méthode décrite par Mme Pohorecka-Lelesz et Golse [2], convenablement adaptée.

---

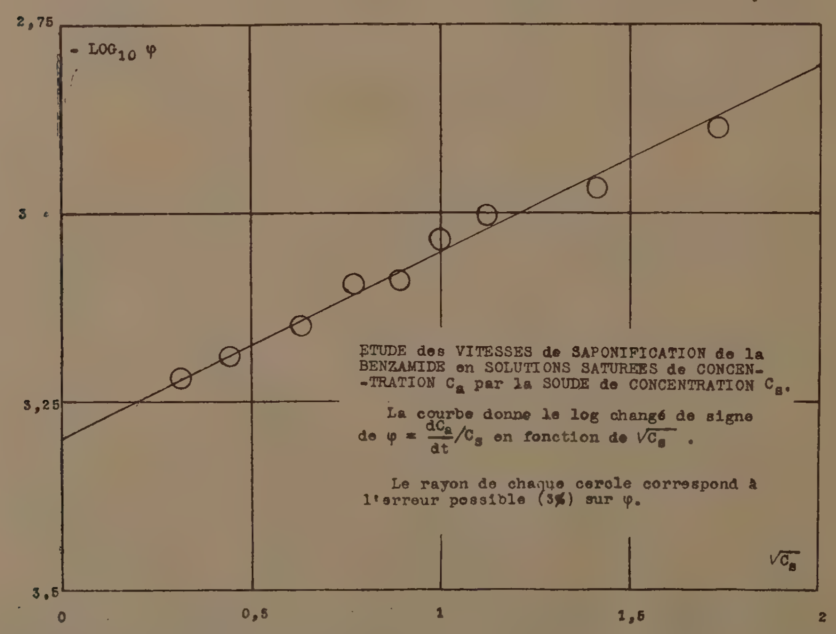
[1] Séance du 26 novembre 1934.

[2] *Bull. Soc. Chim. biol.*, 6, 1924, p. 773; 7, 1925, p. 167.

Aux précautions déjà signalées par les auteurs, j'ajoute celle d'opérer avec un excès d'hypobromite au moins égal à deux fois la quantité qui doit être réduite par le sel ammoniacal.

Concentration en Amide C_a (solution saturée à 17°,90).	Concentration en Soude C_s.	Durée de saponification dt (en heures).	Quantité de sel ammoniacal formé par litre de solution en molécules-grammes dC_a.	$\varphi = \left(\frac{dC_a}{dt}\right)\frac{1}{C_s}$.	$\log_{10}\varphi$.
0,079....	0,1	13,76	$0,823.10^{-3}$	$0,602.10^{-3}$	$\bar{4}$,779
0,075....	0,2	6,76	$0,883.10^{-3}$	$0,646.10^{-3}$	$\bar{4}$,810
0,0677...	0,4	3,70	$1,05\ .10^{-3}$	$0,71\ .10^{-3}$	$\bar{4}$,851
0,0611...	0,6	2,30	$1,11\ .10^{-3}$	$0,805.10^{-3}$	$\bar{4}$,906
0,0552...	0,8	1,73	$1,13\ .10^{-3}$	$0,816.10^{-3}$	$\bar{4}$,912
0,0498...	1	1,366	$1,27\ .10^{-3}$	$0,43\ .10^{-3}$	$\bar{4}$,965
0,0386...	1,5	0,966	$1,44\ .10^{-3}$	$0,993.10^{-3}$	$\bar{4}$,997
0,0299...	2	0,75	$1,62\ .10^{-3}$	$1,08\ .10^{-3}$	$\bar{3}$,033
0,0179...	3	0,48	$1,87\ .10^{-3}$	$1,30\ .10^{-3}$	$\bar{3}$,114

Interprétation. — J'ai déjà montré (*Thèse*) qu'on est conduit à considérer



une forme A de l'amide en solution, saponifiable par la soude, en équilibre avec une forme B non saponifiable

$$\text{amide B} \rightleftharpoons \text{amide A}.$$

La constante d'équilibre $K = [A]/[B]$ serait extrêmement petite.

La véritable constante de vitesse μ définie par

$$\frac{dC_a}{dt} = \mu[A]C_s, \qquad \text{d'où} \qquad \mu = \frac{k}{K},$$

aurait par conséquent une valeur très grande, de l'ordre de grandeur des constantes de vitesse des réactions ioniques.

Le résultat expérimental traduit par la relation (3) s'accorde avec l'expression habituellement adoptée de la variation du coefficient d'activité d'un électrolyte en solution diluée en fonction de la force ionique. En effet, en opérant toujours à saturation de l'amide dans les diverses solutions de soude, on maintient l'activité a_A de l'amide constante puisqu'elle est toujours égale à celle du corps solide en excès avec lequel elle est en équilibre.

On a donc

$$(4) \qquad \frac{1}{C_s}\frac{dC_a}{dt} = \mu[A] = \mu\frac{a_A}{f} = \lambda\frac{1}{f}$$

(f étant le coefficient d'activité de la forme A de l'amide et λ une constante).

Si l'on admet que la forme A se comporte comme un électrolyte en solution très diluée ($A = K.C_a$; K est très petit, C_a aussi), on aura $-\log f = a\sqrt{C_s}$, et cette valeur, transportée dans (4), donne

$$\left(\log\frac{dC_a}{dt}\right)\frac{1}{C_s} = \log\lambda - \log f = P + a\sqrt{C_s},$$

forme identique au résultat expérimental (3) trouvé ci-dessus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques diols bitertiaires dérivés du diacétone-alcool (méthyl-2-pentanol-2-one-4).* Note de M. **René Jacquemain**, présentée par M. Delépine.

J. Lemaire ([1]), faisant agir dans les conditions habituelles le bromure de méthylmagnésium sur le diacétonealcool, a obteuu, ainsi qu'il est normal, un diol bitertiaire, le 2-4-diméthylpentanediol-2.4 :

```
         OH                                  OH          OH
         |                                   |           |
CH³ — C — CH² — CO — CH³   →   CH³ — C — CH² — C — CH³
         |                                   |           |
        CH³                                 CH³         CH³
```

([1]) J. Lemaire, *Rec. Trav. chim. P.-B.*, 29, 1920, p. 72.

C'est un liquide visqueux, soluble dans l'alcool et l'éther, peu soluble dans l'eau. $Éb_{35} = 113^{o}$. Ce diol est relativement peu stable, il se décompose très facilement à la distillation et ses homologues supérieurs n'ont pu être isolés par suite de cette instabilité.

Reprenant cette question, j'ai fait agir sur le diacétonealcool, les bromures d'éthylmagnésium, de *n*-popylmagnésium, de *n*-butylmagnésium, de *n*-amylmagnésium, d'isopropylmagnésium, d'isobutylmagnésium et isoamylmagnésium. La condensation de l'organomagnésium et du diacétonealcool se fait normalement; cependant, pour obtenir avec un bon rendement le diol cherché, on doit prendre les précautions que j'ai signalées (1) pour l'obtention d'alcools tertiaires dérivés de l'oxyde de mésityle et, en plus, effectuer toutes les rectifications sous une pression réduite d'azote. J'ai pu constater, en effet, que lors des distillations, il se forme toujours un peu de carbure diéthylénique; ce carbure s'oxyde avec une grande facilité, en donnant des résines acides, décomposant rapidement le diol.

J'ai finalement obtenu des glycols bitertiaires répondant à la formule générale :

$$CH^3-\underset{CH^3}{\overset{OH}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-CH^2-\underset{CH^3}{\overset{OH}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-R$$

où R représente le radical de l'organomagnésien mixte mis à réagir sur le diacétonealcool. Ce sont tous des liquides visqueux, incolores, d'odeur généralement faible, de nuances difficiles à préciser. En voici les autres caractéristiques :

R.	Formule brute.	Éb.		D_4^t.	t.	N_D^t.	RM tr.	RM calc.
$-CH^2.CH^3$	$C^8H^{18}O^2$	98°	s. 5mm	0,9229	20°,2	1,4437	42,00	42,19
$-(CH^2)^2.CH^3$	$C^9H^{20}O^2$	107-108	»	0,9138	17,2	1,4449	46,60	46,81
$-(CH^2)^3.CH^3$	$C^{10}H^{22}O^2$	116-117	»	0,9020	21,5	1,4451	51,34	51,43
$-(CH^2)^4.CH^3$	$C^{11}H^{24}O^2$	123-124	s. 2mm	0,8963	26,6	1,4450	55,83	56,04
$-CH(CH^3)^2$	$C^9H^{20}O^2$	103-106	»	0,9207	28,2	1,4526	46,93	46,81
$-CH^2.CH(CH^3)^2$	$C^{10}H^{22}O^2$	105-106,5	»	0,9082	19,2	1,4472	51,19	51,43
$-(CH^2)^2.CH(CH^3)^2$	$C^{11}H^{24}O^2$	119-120	s. 4mm	0,8961	22,2	1,4456	55,90	56,04

Ces alcools sont vraisemblablement à l'état de surfusion à la température ordinaire, mais, malgré de nombreux essais, je n'ai pu les obtenir cristallisés.

---

(1) R. JACQUEMAIN, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 482.

Ils se déshydratent avec une grande facilité, en donnant finalement les carbures diéthyléniques correspondants, qui feront l'objet d'une prochaine Note.

Par action de l'isocyanate de phényle on obtient une grande proportion de diphénylurée par suite de la déshydratation de l'alcool et quelques cristaux qui semblent être l'uréthane cherché, mais se décomposent lors des purifications.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un échange fonctionnel entre composés magnésiens et l'α-bromocamphre.* Note de M. **Henri Wuyts**, présentée par M. Delépine.

Des Notes récentes de MM. Grignard (¹) et Urion (²) m'engagent à signaler des échanges fonctionnels entre magnésiens et bromocamphre observés dans mon laboratoire.

M. R. Stevens a tout d'abord vérifié que l'action d'un excès d'iodure de méthylmagnésium sur le bromocamphre donne lieu à un dégagement gazeux très important. Ce gaz, débarrassé d'éther au moyen d'acide sulfurique et soumis à la combustion, accuse une teneur en carbone et hydrogène correspondant sensiblement à un mélange équimoléculaire de méthane et d'éthane. Quant au produit solide séparé après hydrolyse, il est essentiellement constitué de camphre renfermant un peu de dicamphrepinacone, $C^{20}H^{32}O^{2}$, fusible à 151°. Il ne paraît pas se former de carbinol bromé dans ces conditions.

En opérant en solution éthérée relativement concentrée, on a pu isoler, avant hydrolyse, un complexe dans lequel l'analyse a révélé la présence d'un noyau de camphre, de 2 atomes de Mg et de 2 atomes d'iode. Ces faits peuvent être interprétés en admettant les transformations suivantes :

$$C^{8}H^{14}\left\langle\begin{matrix}CBr\\ \|\\ COH\end{matrix}\right. + CH^{3}MgI = C^{8}H^{14}\left\langle\begin{matrix}CBr\\ \|\\ COMgI\end{matrix}\right. + CH^{4},$$

$$C^{8}H^{14}\left\langle\begin{matrix}CBr\\ \|\\ COMgI\end{matrix}\right. + 2\,CH^{3}MgI = C^{8}H^{14}\left\langle\begin{matrix}CMgI\\ \|\\ COMgI\end{matrix}\right. + C^{2}H^{6} + MgIBr.$$

Ce dernier complexe donnant du camphre par hydrolyse.

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 625; *Bull. Soc. chim. Fr.*, 5e série, 1, 1934, p. 1041.

(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1244.

M. U. Ingber a étudié l'action de deux magnésiens aromatiques, le bromure de phénylmagnésium et le bromure d'α-naphtylmagnésium sur le bromocamphre. Ces recherches réalisées autant que possible quantitativement ont montré qu'ici aussi la réaction est anormale. Il y a bien formation de produits peu volatils, qui n'ont pas été examinés de plus près et qui peuvent renfermer du carbinol, mais la réaction principale conduit à la réduction du bromocamphre en camphre.

Quant aux radicaux hydrocarbonés apportés par les magnésiens, ils apparaissent, ainsi qu'il résulte de données quantitatives répétées, sous la forme de dérivés halogénés. On trouve, en effet, parmi les produits de la réaction une quantité beaucoup plus forte de dérivé halogéné (bromobenzène et α-bromonaphtalène) que celle qui a échappé à la transformation en magnésien. Ces résultats pourraient s'interpréter en admettant que le métal du magnésien primitif passe sur le bromocamphre en transformant à son tour celui-ci en magnésien :

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CBr\\ \parallel\\ COH\end{matrix}\right. + 2C^6H^5MgBr = C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CMgBr\\ \parallel\\ COMgBr\end{matrix}\right. + C^6H^6 + C^6H^5Br.$$

Mais une autre interprétation est possible et plus conforme à celle admise plus haut pour l'action de l'iodure de méthylmagnésium. Pour la vérifier j'ai demandé à M. D. Verstraete de faire réagir sur le bromocamphre des magnésiens aromatiques renfermant un halogène autre que le brome.

L'expérience a été faite avec les magnésiens de l'iodobenzène et du chlorobenzène (ce dernier préparé en présence d'un peu d'iodure de méthylmagnésium). On a pu constater, dans les deux cas, la formation de bromobenzène en quantités très importantes. La mobilité plus grande de l'iode dans l'iodobenzène, ainsi que la proportion assez forte de composés peu volatils formés dans cette expérience en diminuent quelque peu la signification, mais les résultats que fournit le chlorure de phénylmagnésium sont particulièrement nets. La quantité de bromobenzène retrouvée dans ce cas est à peu près celle qui correspond au camphre isolé, d'après l'équation

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CBr\\ \parallel\\ COH\end{matrix}\right. + 2C^6H^5MgCl = C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CMgCl\\ \parallel\\ COMgCl\end{matrix}\right. + C^6H^6 + C^6H^5Br.$$

Il semble donc bien qu'il ne faille pas envisager l'échange du métal seul, mais bien celui du radical MgX, lequel viendrait prendre la place de l'halogène dans le bromocamphre.

Une dernière expérience faite par M. D. Verstraete avec le chlorure de benzylmagnésium a montré que dans ce cas comme dans celui du magnésien de l'iodure de méthyle, les radicaux hydrocarbonés apportés par le magnésien sont libérés à l'état d'hydrocarbures sous forme de toluène et de dibenzyle. Ce serait donc une propriété des magnésiens aromatiques à halogène nucléaire de donner lieu à la régénération de dérivés halogénés dans ces réactions; les magnésiens d'halogénures aliphatiques et aromatiques en chaîne latérale donnant des hydrocarbures.

Tiffeneau et Tchoubar ([1]) ont montré récemment que l'α-chlorocyclohexanone réagit normalement à froid avec les magnésiens pour donner des chlorhydrines et que ce n'est qu'à température plus élevée que l'on observe l'arrachement d'halogénure de magnésium accompagné de la migration conduisant aux cétones α alcoylées.

Nous venons de montrer que l'α-bromocamphre donne des produits finaux très différents de ceux que fournit l'α-chlorocyclohexanone.

Il ne paraît pas y avoir jusqu'ici de raison d'admettre que ces transformations soient consécutives à une réaction primaire normale, comme dans le cas de l'α-chlorocyclohexanone.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des couches du Sidi el Abed* (Département d'Oran). Note de M. **Gabriel Lucas**, présentée par M. Cayeux.

Les monts du Sidi el Abed, qui émergent, entre El Aricha et Berguent, de la steppe d'alfa, ont été étudiés pour la première fois, au point de vue géologique, par Pouyanne vers 1875 ([2]). Cet auteur, sur sa carte, figure le Sidi el Abed en « Jurassique supérieur ou Crétacé inférieur »; « je pense, écrit-il (p. 105), qu'il doit être jurassique, à cause de la grande puissance des couches ». Il signale aussi, à peu de distance au nord de la chaîne, le petit piton ophitique de Mouley Abd el Kader (p. 135). Les cartes géologiques d'Algérie au 1/800000e, publiées en 1881 et 1890, ont figuré cette région comme du Crétacé; Flamand ([3]), dans son texte, en parle accessoirement au sujet du Crétacé inférieur. Depuis ce temps et à ma connaissance, cette attribution n'a jamais été discutée.

([1]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 941.

([2]) M. Pouyanne, *Annales des Mines*, Mémoires, **2**, 1877, p. 80.

([3]) G.-M.-B. Flamand. *Recherches géologiques et géographiques sur les hauts plateaux de l'Oranie et sur le Sahara* (Lyon, 1911).

Une course récente m'a permis d'y reconnaître, au-dessus du Trias gypseux bien développé dans la plaine de Magoura, trois séries de dépôts :

1° Un complexe calcaréo-dolomitique, formé de dolomies claires, cristallines, de calcaires homogènes pisolithiques clairs, et de calcaires à fossiles et nodules siliceux. J'y ai trouvé *Aulacothyris resupinata* Sow., *Rhynchonella tetraedra* Sow., *Rhynchonella amalthei* Sow., et *Rhynchonella* cf. *variabilis* Schloth, en très mauvais état. C'est donc du Charmouthien plutôt supérieur (150^{m}).

2° Un ensemble de calcaires homogènes, clairs, souvent oolithiques, reposant sur le groupe précédent par un poudingue qui contient notamment des galets de quartz très bien roulés. Les calcaires se chargent progressivement, vers l'Ouest, de Mégalodontidés (*Megalodus ovatus* Boehm, *Megalodus pumilus* Benecke) et de grands Lamellibranches indégageables, que je serais tenté de rapprocher des types à charnière d'*Opisoma*, signalés par Menchikoff [1] plus au Sud. Cette formation rappelle celle reconnue par Dubar [2] dans le Moyen Atlas; et l'ensemble des groupes 1 et 2 n'est pas sans analogie avec la succession des couches du Lias inférieur et moyen étudiée par Dubar et Termier [3] dans la Haute Moulouya. Il faut cependant remarquer que la similitude n'existe que dans la succession des faciès, qui, au Maroc, se montrent sensiblement plus anciens. On sait en effet que la formation I est déjà probablement domérienne; les calcaires à Mégalodontidés qui lui sont superposés sont donc au plus tôt du Domérien supérieur.

3° Le troisième groupe, débutant par une brèche à huîtres et des formations argilo-dolomitiques rouges, vertes et noires, montre une grande épaisseur (350^{m}) de dépôts dolomitiques clairs, fins, admettant des intercalations de calcaires homogènes clairs, accompagnés de calcaires oolithiques et de lumachelles à Brachiopodes et à Lamellibranches; à la base des dolomies, j'ai trouvé, à Teniet Sassi, *Lima impressa* Morris et Lycett, *Pteroperna* cf. *plana* M. et L., *Avicula* sp. rappelant *Oxytoma Munsteri* Goldf., des Térébratules et Oursins indéterminables. Ces quelques fossiles paraissent indiquer le Bajocien ou le Bathonien; c'est du reste la conclusion à laquelle on arrive par la seule comparaison lithologique de ces couches avec le « Bathonien dolomitique » étudié par Flamand (*loc. cit.*, p. 462, etc.),

---

(1) M. N. Menchikoff, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1617-1619.

(2) G. Dubar, *Ann. Soc. géol. Nord*, 57, 1933, p. 181.

(3) G. Dubar et H. Termier, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 890-892.

dans les régions de Saïda et de Méchéria; ses descriptions s'appliquent exactement au Bathonien du Sidi el Abed.

De l'exposé des faits précédents, il découle que l'âge de ces couches est plus ancien qu'on ne le supposait; sans être absolument exact, l'opinion de Pouyanne est cependant celle qui s'était le plus rapproché de la réalité.

GÉOLOGIE. — *Les faciès de l'Aptien, de l'Albien et du Turonien dans l'Aurès (Algérie).* Note (1) de M. **Robert Laffitte**, présentée par M. Ch. Jacob.

L'Aptien, représenté au centre de l'Aurès (2) par des dépôts marneux et des calcaires assez fossilifères, ne montre au Sud-Ouest, dans l'Irzar Izenzarène, que des grès et des quartzites à peu près sans fossiles, si ce n'est quelques bancs à Orbitolines; de même, au Nord-Ouest, aux environs immédiats de Khenchela, les grès prennent une importance considérable.

L'Albien subit des variations de faciès analogues; représenté au centre par des marno-calcaires avec bancs de grès, on ne retrouve plus, dans le Sud-Ouest, que des grès à bois flottés et dents de Squales et, dans le Nord-Est, des grès grossiers avec empreintes de Gastéropodes et de Lamellibranches. En même temps l'épaisseur des couches est plus importante dans le centre que partout ailleurs (300^{m} au Centre et 50^{m} dans le Sud-Ouest).

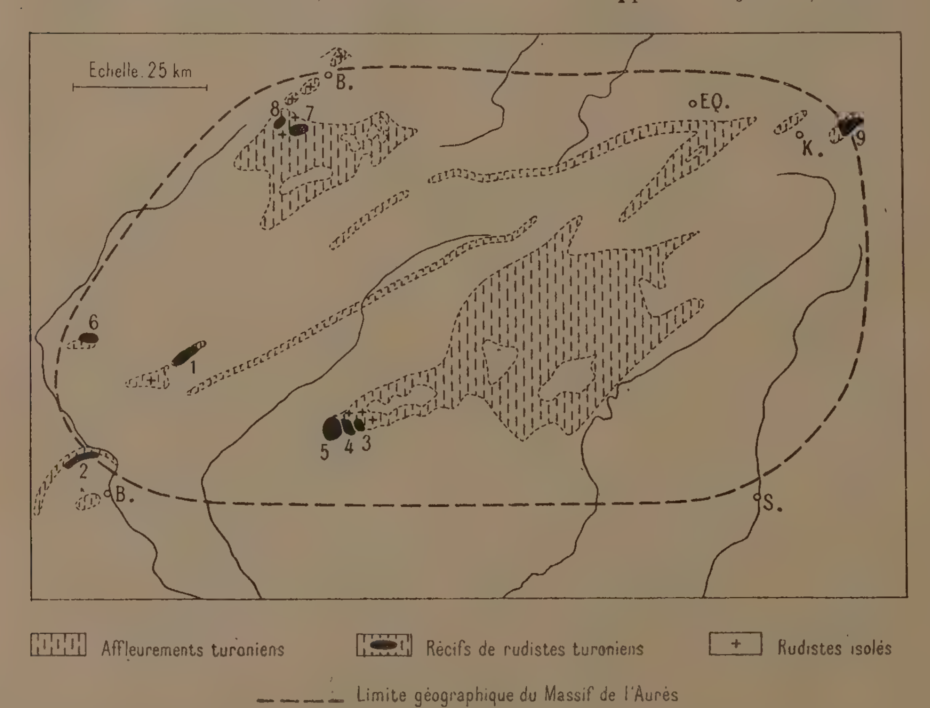
Le Turonien présente à la périphérie du massif des calcaires massifs à Rudistes et Polypiers, formant parfois de véritables récifs; déjà entre ces récifs et plus généralement au centre on trouve des marno-calcaires, en bancs alternés, à Échinides limnivores.

Les principaux récifs sont : A, Au Turonien inférieur; 1° celui de Tarhit n'Tazmelt à *Præradiolites biskarensis* Coq., Polypiers et Nérinées; 2° les couches de même faciès du Col de Sfa connues depuis Coquand. B, Au Turonien supérieur; 3° le récif d'Afsili à *Durania Arnaudi* Choff., les exemplaires de ce Radiolite atteignant 30^{cm} de longueur; 4° succédant au précédent, celui de Mansourah à *Hippurites* cf. *Requieni* Math., *Plagioptychus* sp. Roman et Mazenot d'Uchaux, Polypiers, Bryozoaires et Algues calcaires; 5° le récif de Thaouint n'Oulèche à *Hippurites Taburni* Guisc., *Plagyoptichus* et Polypiers; ces trois derniers récifs font partie d'un même ensemble, le plus important de l'Aurès, qui se développe sur près de 8^{km}; 6° le récif de Dra ez

(1) Séance du 26 novembre 1934.

(2) Robert Laffitte, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 191.

Zemla à *Hippurites Taburni* Guisc., *Plagioptychus* et Algues calcaires; 7° celui d'Imi n'Taguergoumist à *Hippurites* sp., Polypiers et Algues calcaires; là on observe sur moins de 200^m de distauce le passage du récif aux marnes à *Hemiaster*; 8° celui de Marfeg el Anna à *Hippurites Rousseli* Douv. var. *batnensis* Douv.; 9° celui de Khenchela à *Hippurites Taburni* Guisc. Enfin, à Batna, on a depuis longtemps signalé, dans les couches terminales du Turonien, la présence d'Hippurites décrits par M. Douvillé sous le nom d'*H. Rousseli* var. *batnensis*. Aux espèces essentiellement turoniennes citées ci-dessus, au-dessus des couches à Hippurites s'ajoutent, notamment à Mansourah et au Dra ez Zemla, des Ammonites coniaciennes, ce qui confirme bien l'âge des couches turoniennes.



Dans le centre de l'Aurès le Turonien devient très épais (500^m); toutefois les faciès restent néritiques, mais sans Rudistes; on y trouve les mêmes fossiles qu'entre les récifs : des Lamellibranches (Plicatules, Limes, Janires, Inocérames) et des Echinides (*Cyphosoma* et surtout *Hemiaster*); les Ammonites sont rares et le plus souvent mal conservées : *Sphenodiscus Requieni* d'Orb., *Acanthoceras ornatissimum* Stol., *Pseudotissotia Douvillei* Pér., *Hemitissotia* sp., *Prionotronis* sp.

Plus généralement, au centre de l'Aurès, le Crétacé, de l'Albien au Sénonien, dépasse 3000^m d'épaisseur; mais les couches restent encore néritiques (en général faciès à Ostracés); on a donc là une fosse subsidente. Et au Turonien, qui atteint 500^m au centre, les organismes non récifaux étant les mêmes là qu'à la périphérie on peut se demander si l'affaissement rapide n'est pas, plutôt que la profondeur, la cause de l'absence des Rudistes dans ce centre.

GÉOLOGIE. — *Les* Kurkurstufe *dans le Désert Lybique et leur position stratigraphique*. Note [1] de M. **Jean Cuvillier**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au cours d'une récente expédition au Gebel Garra et à l'Oasis de Kourkour, situés à peu près à la hauteur d'Assouan dans le Désert Libyque, il m'a été donné d'observer, parfaitement représenté dans l'une et l'autre de ces deux localités, le niveau que Blanckenhorn [2] créait en 1900 sous le nom de *Kurkurstufe*, et dont l'existence, d'abord admise par de nombreux géologues, fut par la suite contestée par Fourtau [3] et par Leuchs [4].

Les *Kurkurstufe* correspondaient, à l'origine, à la partie la plus ancienne de l'Éocène égyptien; elles se plaçaient, par conséquent, dans l'échelle stratigraphique, au-dessous des *Libyschestufe*, le Libyen de Zittel [5]. Identifié pour la première fois par Willcoks [6] et ses collaborateurs lors de la construction du barrage d'Assouan, entre le Gebel Garra et l'Oasis de Kourkour, ce niveau litigieux était situé au-dessus des marnes feuilletées à *Exogyra Overwegi* v. Buch du Crétacé supérieur et surmonté par les calcaires du Londinien essentiellement caractérisé par sa faune échinitique à *Pygorhynchus abundans* M. E. (devenu *Gitolampas*) et par un certain nombre de Mollusques décrits par Mayer-Eymar [7]. Les *Kurkurstufe*, dont

---

(1) Séance du 26 novembre 1934.

(2) *Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Gesellsch.*, 52, 1900, p. 406.

(3) *Bull. Inst. Eg.*, 5e série, 7, 1, 1913, p. 20-24.

(4) *N. Jahrb. f. Min.*, Stuttgart, 2, 1913, p. 33-48.

(5) *Palaeontogr.*, 30, 1, Stuttgart, 1883, p. XLIII et suiv.

(6) *Projet d'irrigation pérenne et de protection contre l'inondation en Égypte* (*Min. Tr. Pub. Gouv. Eg.*, Appendice VII, 1894, p. 8). Voir aussi : *Egyptian irrigation*, 2e édition, London, 1899, p. 6.

(7) *Journ. de conchyl.*, 44, n° 4, 1896, p. 356-366, pl. IX-X; 46, n° 4, 1898, p. 26-32, pl. III-IV, et p. 231-237, pl. XIII-XIV.

Ball (1) n'avait pas retrouvé la trace, étaient ultérieurement attribuées par Fourtau (2) au Crétacé supérieur, par analogie avec la stratigraphie tunisienne.

Oppenheim (3), dans son importante monographie des Mollusques du Tertiaire inférieur d'Égypte, citait cependant à l'Éocène inférieur les fossiles provenant du Gebel Garra et de l'Oasis de Kourkour et que Mayer-Eymar avait déjà intégrés au Nummulitique. Hume (4), un peu plus tard, proposait de faire des *Kurkurstufe* l'équivalent du Libyen inférieur à *Opercula libyca* Schw. Fourtau (*loc. cit.* p. 20), enfin, modifiant l'opinion qu'il avait auparavant émise, suggérait d'abandonner cette subdivision stratigraphique, les fossiles ayant servi à l'établir, mélange de formes crétacées et éocènes, roulées, usées, n'ayant pas dû être ramassées *in situ* et ne présentant par conséquent, aucun intérêt positif. Le dernier, Leuchs (*loc. cit.*, p. 33), après avoir visité les lieux, se prononçait à son tour pour la suppression du terme si longtemps respecté et déclarait que le niveau à Échinides de Willcocks n'existait ni au Gebel Garra ni dans l'Oasis de Kourkour.

Telle avait été aussi ma manière de voir en 1930 (5), époque à laquelle je n'avais pu rendre visite encore à ces régions éloignées.

Cette Note précise l'existence et la position stratigraphique des *Kurkurstufe* et rend à Willcocks le mérite d'avoir effectivement observé le banc à Echinides et à Mollusques qui devait conduire à la création de cette subdivision.

Au Gebel Garra, deux ou trois bandes d'argiles brunâtres, alternant avec des calcaires marneux et siliceux de même couleur et représentant ensemble une épaisseur de 5 à 6^{m}, sont parfaitement à la place que leur assigna Willcocks; ils surmontent immédiatement les marnes feuilletées et bariolées à *Exogyra Overwegi* v. Buch; j'y ai récolté les fossiles suivants qui en soulignent l'âge danien : *Gitelampas abundans* M. E. sp., *Hemiaster* cf. *chargensis* Wan., *Nucula Edwardsi* M. E., *Corbula trigenioides* M. E., *Cuculœa Schweinfurthi* Zitt., *Lucina* cf. *dachelensis* Wan., *Turritella Overwegi* Wan., *Nautilus* cf. *deserterum* Zitt.

(1) *Surv. Dept. Eg.*, Caire, 1902, p. 30-31.
(2) *Mem. Inst. Eg.*, 6, II, 1909, p. 105.
(3) *Palaeontograph.*, 30, fasc. 3, Stuttgart, 1903-1906.
(4) *Quart. Journ. Geol. Soc.*, 67, 1911, p. 134.
(5) *Mem. Inst. Eg.*, 16, Le Caire, 1930, p. 45.

Dans l'Oasis de Kourkour, les mêmes sédiments apparaissent dans des conditions de gisement identiques, couronnés par des marnes feuilletées qui sont les *Esna shales* de Beadnell ([1]) et recouverts par des calcaires plus ou moins schisteux, que Ball (*loc. cit.*, p. 32) croît ici d'âge Crétacé supérieur; le fond de la cuvette de Kourkour est constitué par l'un des bancs de calcaire à Mollusques daniens alternant à l'entrée du couloir qui mène à l'oasis avec les marnes à Échinides se rapportant au même étage; la faune de ces formations est à peu près semblable à celle que j'ai signalée précédemment au Gebel Garra.

Il faut donc restituer les *Kurkurstufe*, les *Gara-Kurbur series* des auteurs anglais, à notre vocabulaire de stratigraphie égyptienne; ces couches, dont l'existence ne saurait plus être mise en doute, semblent représenter un faciès littoral du Danien; elles correspondent probablement aux *Blättermergel* du Gebel Gournah dont le faciès est plutôt pélagique, ainsi que Fourtau ([2]) en avait fait la remarque. En ce qui concerne les calcaires à *Pentacrinus* sp. rapportés au Danien dans l'Oasis de Kourkour et surmontant les *Kurkurstufe* à *Gitolampas abundans* sp., il n'est pas impossible qu'ils aient pour équivalents les calcaires « en briquettes » qui, occupent au Gebel Garra la portion inférieure des formations couronnant ce massif; quant aux couches terminales du Gebel Garra où j'ai identifié de rares Nummulites, elles paraissent bien synchroniques des terrains qui reposent au Gebel Gournah sur les *Blättermergel* d'Oppenheim ([3]).

HYDROLOGIE. — *Le fluor des eaux minérales françaises.* Note de M. **Raymond Charonnat** et Mlle **Simone Roche**, présentée par M. A. Béhal.

Le fluor, reconnu dans les eaux minérales depuis Berzélius, n'a fait l'objet, quant aux sources françaises, que de trois séries d'investigations systématiques; les premiers dosages de M. de Gouvenain (Bourbon-l'Archambault, Néris, Vichy) ont été contestés par Willm; ceux de Carles ([4]), en 1907, ont porté sur 93 sources; Gautier et Clausmann, en 1913, rejetant

---

([1]) *Journ. Geol. Soc. of London*, 51, 1905, p. 667-668.

([2]) *Soc. Géol. Fr.*, 3e série, 27, 1899, p. 480-491.

([3]) *Sitz. k.-bayer. Akad. Wissensch.*, Munich, 32, 1902, p. 435-456, pl. VII.

([4]) P. Carles, *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 37 et 201.

la méthode de Carles comme ni fidèle, ni générale, ont élaboré une technique minutieuse qu'ils ont appliquée à 40 sources de types variés ([1]); les résultats, pour les eaux communes aux deux séries de recherches, sont très discordants. Cette technique, fort laborieuse, ne paraît pas avoir été mise en œuvre par d'autres auteurs; les dosages les plus récents, de l'Institut d'Hydrologie (Cauterets, Vichy, Brides, Salins-Moutiers, Allevard, Uriage), font appel à la méthode de Penfield, délicate aussi. Dans tous les cas, l'ion fluor a été dosé après concentration d'un grand volume d'eau, précipitation de fluorure de baryum ou bien entraînement sur un précipité auxiliaire, avec risque de pertes.

Nous avons utilisé un dosage colorimétrique direct très simple, basé sur la réaction de J.-H. de Boer ([2]); la combinaison complexe rouge violacé que forme l'alizarinesulfonate de sodium avec un sel de zirconium est transformée par divers acides; un alizarinesulfonate jaune est libéré; les ions fluor, en milieu chlorhydrique, agissent à des concentrations incomparablement plus faibles que les autres ions des eaux naturelles; le passage de la teinte rouge à la teinte jaune est d'autant plus marqué que la teneur en ions fluor est plus élevée; plusieurs auteurs ont déjà proposé des applications analytiques de cette réaction; nous avons adopté les conditions suivantes qui conviennent bien aux eaux naturelles où l'effet des autres ions est, en général, négligeable (la technique détaillée paraîtra dans un autre Recueil).

50^{cm^3} d'eau minérale, placés dans un tube de Nessler, sont additionnés de 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré et de 5^{cm^3} de réactif contenant, pour 1000^{cm^3} d'eau distillée, $0^g,34$ d'alizarinesulfonate de sodium et $1^g,74$ de nitrate de zirconyle cristallisé. On prépare simultanément une gamme d'étalons avec 0^{cm^3}, $2^{cm^3},5$, 5^{cm^3}, $7^{cm^3},5$ d'une solution standard de fluorure de sodium ($0^g,0221$ FNa pur par litre) qu'on amène à 50^{cm^3}, puis additionne, comme ci-dessus, d'acide et de réactif; les étalons correspondent ainsi à 0^{mg}, $0^{mg},5$, 1^{mg}, $1^{mg},5$ de fluor par litre. Les tubes sont agités jusqu'à coloration homogène, abandonnés une heure, agités de nouveau; la comparaison colorimétrique de l'essai avec les termes de la gamme indique le nombre de milligrammes de fluor par litre d'eau minérale : on peut doser ainsi de $0^{mg},25$ à 10^{mg} de fluor; en dehors de ces limites, l'eau doit être concentrée, en milieu légèrement alcalin, ou diluée. Pour les eaux riches en ions chlore, sulfate, arséniate, des corrections sont nécessaires; on peut aussi éliminer l'ion SO^4 ou former la gamme de référence avec des solutions salines contenant les ions perturbateurs à la dose où ils se trouvent dans l'eau examinée.

([1]) A. Gautier et P. Clausmann, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 1469, 1670, 1753; 158, 1914, p. 1389, 1631.

([2]) J.-H. de Boer, *Rec. Trav. chim. P.-B.*, 44, 1925, p. 1071.

150 eaux minérales déjà étudiées nous conduisent à modifier quelque peu les conclusions de Gautier et Clausmann. Les plus riches en fluor sont les eaux thermales oligosalines de Plombières : dix sources ont au moins 9 mg de fluor par litre (Vauquelin : 15,5; Talweg n° 9 : 15; Stanislas et Robinet romain : 14,4; Mougeot : 14; Talweg n° 10 : 11,5; Talweg n° 6 : 10,5; Talweg n° 7, Dames et Hypocauste de 9 à 9,7); elles ont toutes une température supérieure à 50°; les autres sources ont des teneurs en fluor d'autant plus basses que leur thermalité est plus faible. Pour la source des Dames, la seule qui ait fait l'objet à Plombières de déterminations antérieures, Carles indique 5 et Gautier $1^{mg},82$ de fluor au litre; la méthode de Penfield nous a donné $7^{mg},3$; les déterminations faites sur 24 prélèvements mensuels successifs n'ont pas révélé de variations notables.

Viennent ensuite les eaux bicarbonatées sodiques de Vichy, Hauterive et Saint-Yorre (13 sources examinées) où la teneur en fluor est comprise entre 5 et 8,7 mg/lit. quelle que soit la thermalité. On ne peut pas conclure avec Gautier et Clausmann que les eaux bicarbonatées sodiques ont la prééminence pour la richesse en fluor; celle-ci paraît plutôt une caractéristique locale; 12 sources froides de Vals montrent des teneurs comprises entre 1 et 4,3 se classant dans le même ordre que les alcalinités, mais n'atteignant pas les valeurs de Vichy pour des températures et des alcalinités comparables. Dans les eaux bicarbonatées de diverses régions le taux de fluor est de l'ordre de 1 à 2 mg/lit.

Des teneurs plus fortes se retrouvent dans quelques eaux sulfurées : Labassère (13°) 6 mg; Saint-Honoré (20 à 30°), La Preste (44°), Eaux-Bonnes (32°), environ 4 mg/lit.

Les sources froides d'origine superficielle : sulfatées calciques (Vittel, 8 sources, Contrexéville, 6 sources, Martigny, Bourbonne, Capvern), chlorurées sodiques fortes (Salies-de-Béarn, 3 sources) ont des teneurs en fluor assez faibles : 0,5 à 2 mg/lit.

Selon Gautier, le fluor des eaux minérales aurait une origine très profonde et les sources plutoniennes en seraient particulièrement riches. Nous n'avons pas observé dans les eaux les plus chaudes de France (Chaudes-aigues, Ax-les-Thermes) des teneurs en fluor comparables à celles des sources, même tempérées, de Plombières. Prélevé au contraire dans les roches du sous-sol, le fluor ne doit pas caractériser seulement quelques filons hydrothermaux privilégiés, mais avoir une dispersion assez large; à l'exemple du bassin de Vichy, nous pouvons joindre celui d'une source de Bains-les-Bains qui, à 15^{km} de Plombières, contient encore 6^{mg} de fluor au

litre. L'absence de discontinuité dans la teneur en fluorures, lorsqu'on passe des eaux les plus chaudes aux sources tièdes et aux eaux superficielles d'une même station, n'est guère en accord avec l'hypothèse de l'origine fumerollienne du fluor hydrominéral.

Les eaux potables contiennent toujours cet élément (un ou plusieurs décimilligrammes par litre); la haute teneur de la source Vauquelin de Plombières en fluorure de sodium représente presque le dixième de sa minéralisation. Le fluor, ayant une activité physiologique bien plus marquée que celle des autres halogènes, constitue vraisemblablement un facteur important de la valeur thérapeutique des eaux minérales et il serait intéressant d'examiner de ce point de vue le groupe des sources fluorées.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Transparence de l'air pour la lumière de Wood.* Note (¹) de M. **Jacques Duclaux**, présentée par M. Brillouin.

J'ai donné (²) les résultats de mesures de transparence, faites au moyen de clichés obtenus au Pic du Midi par M. Hugon les 2 et 13 novembre 1932. Il résultait de ces mesures que le coefficient d'absorption de l'air, pour les rayons de longueur d'onde 3682 Å (lumière de Wood) avait été, à ces dates, inférieur de 15 pour 100 au moins à celui que donne la théorie de Rayleigh. Comme conséquence de cette grande transparence, l'image de sommets distants de 90^{km} était encore visible sur les clichés pris avec ces rayons.

Un autre cliché pris le 3 novembre 1932 portait l'image d'un sommet encore plus lointain, qui n'a pu être identifié que plus tard. Sa distance au Pic du Midi est 96^{km}; c'est jusqu'ici la plus grande portée atteinte avec les rayons de la longueur d'onde indiquée. Si l'on admet, pour la variation de l'absorption avec la couleur, la relation théorique qui fait intervenir la quatrième puissance de la longueur d'onde, une visibilité à 96^{km} en lumière de Wood entraîne une visibilité en lumière blanche à plus de 600^{km}. Il s'agit donc d'une transparence exceptionnelle; normalement la portée en ultraviolet ne dépasse pas 50 à 60^{km}, comme le montrent les nombreux clichés faits au Pic du Midi par des temps très clairs.

L'air était très sec (degré hygrométrique 0,12) et la température était

---

(¹) Séance du 26 novembre 1934.

(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1524.

voisine de 0°. La distance de 96^{km} représente une épaisseur de 70^{km} d'air à la pression normale.

L'étude photométrique du cliché a donné, par la méthode indiquée (*loc. cit.*) le coefficient d'absorption pour 3682 Å. Cette méthode suppose connue la brillance propre de la mire. Si l'on suppose celle-ci parfaitement noire, le chiffre trouvé, rapporté à l'air à la densité normale, est $5,85 . 10^{-7}$ nombre déjà inférieur de 6 pour 100 au chiffre théorique. La théorie est donc en défaut, et d'autant plus que la mire, bien loin d'être noire, est un sommet couvert de neige nouvelle. Sa brillance propre n'est pas exactement déterminable, mais elle ne peut pas être inférieure à 40 pour 100 de celle du ciel adjacent. Si l'on admet ce chiffre minimum, la valeur du coefficient d'absorption tombe à $4,8 . 10^{-7}$, chiffre certainement trop grand et cependant inférieur de 23 pour 100 au chiffre théorique. C'est le plus petit obtenu jusqu'à présent ; mais il n'y a pas de raison de croire qu'il représente une limite infranchissable. De toute manière la théorie est en contradiction avec l'expérience et devra être modifiée.

Une transparence atmosphérique supérieure au chiffre théorique a déjà été notée au Spitzberg par P. Götz (¹). Ses observations confirment ainsi celles du Pic du Midi. Les conditions sont différentes, puisque la méthode de P. Götz fait intervenir l'épaisseur totale de l'atmosphère, tandis que celle qui est employée ici ne fait intervenir que la basse atmosphère au-dessous de 3000^{m}. Mais il n'y a plus de différence, si l'on admet que l'atmosphère étudiée au Pic du Midi provenait, par un mouvement vertical descendant, des régions élevées de la troposphère; ce qui expliquerait en même temps sa sécheresse. En rapprochant ces faits de ceux qu'a signalés M. Dauvillier (²), on voit qu'il serait intéressant, pour la connaissance des mouvements généraux de l'atmosphère, de combiner les mesures de transparence avec les dosages d'ozone au niveau du sol. Ces dosages devraient, comme ceux de M. Dauvillier, être continus, car des mesures faites à de longs intervalles et pendant quelques jours seulement ne permettront jamais aucune conclusion.

(¹) *Gerl. Beitr.*, **31**. 1929, p. 119

(²) *Journ. Phys.*, **5**, 1934, p. 455.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la radioactivité des couches géologiques de la vallée du Rhin.* Note de MM. **E. Rothé** et **F. Stoeckel**, présentée par M. Ch. Maurain.

En 1928 furent publiés les résultats de mesures magnétiques exécutées sur les échantillons des différentes couches géologiques provenant de sondages effectués jusqu'à 1300ᵐ par les Mines Domaniales de potasse [1]. Les mêmes échantillons (première colonne du tableau), provenant des profondeurs indiquées (deuxième colonne), ont été étudiés au point de vue de leur faible radioactivité par la méthode classique de l'électromètre Curie par comparaison avec un étalon à l'oxyde d'uranium (diamètre $7^{cm},45$), équivalent à une quantité d'émanation de 0,0276 microcurie, et par l'intermédiaire d'un étalon secondaire (diamètre $1^{cm},98$) d'activité 0,0431 de la précédente. Dans le tableau ci-après, l'activité des substances est exprimée par le rapport R à l'étalon primaire multiplié par 10^6 (dernière colonne). Un autre mode de comparaison a aussi été utilisé. On sait que si l'on porte en abscisses les temps en minute, en ordonnées les déviations lues sur l'échelle de l'électromètre, et si l'on se limite au domaine dans lequel les déviations sont bien proportionnelles aux quantités d'électricité libérées, les points d'observation se rangent sur des droites : 1° dans le cas de la perte spontanée; 2° dans le cas de la substance ionisante. Dans chacun des cas, on observe pendant un intervalle de temps constant θ et l'on mesure les déviations n et n_0 pour la substance et pour la perte spontanée correspondant à ce temps, ainsi que les quantités correspondantes pour l'étalon secondaire N et N_0. Le rapport R est égal à $n - n_0 / N - N_0 \times 0,0431$, mais on peut se contenter comme mesure relative des différences de lecture $n - n_0$ pour chaque substance en divisions de l'échelle (troisième colonne). Il est d'ailleurs facile de passer des nombres ci-dessus aux quantités de radium équivalentes. Par exemple, pour le grès calcaire de Geisswasser, on aurait $1,86 \times 10^{-12}$ gramme.

On n'a fait figurer dans le tableau actuel que les couches de celui de 1928 de radioactivité nettement appréciable. Les poids, densités, et les divers détails d'observation seront indiqués ailleurs.

---

[1] E. Rothé et Mme A. Hée, *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 52.

Substance.	Profondeur en mètres.	Nombre de divisions pour 40 minutes.	Rapport d'activité $R \times 10^6$.
	Chattien.		
Marnes bariolées	110	10,7	47,1
»	220	16,0	70,7
»	240	6,7	29,5
Marnes argileuses Geisswasser	230/350	7,3	32,4
Grès calcaire Geisswasser	230/350	15,3	67,8
DP^IV	398	9,3	41,2
»	260	6,7	29,5
»	441	3,3	14,7
	Stampien.		
Marne un peu bitumeuse	185	8,7	38,3
Marnes pyriteuses	189	7,0	30,9
Marnes pyriteuses	195	8,3	36,8
DP^IV	100	12,7	56,0
»	124	9,3	41,2
	Sannoisien.		
Marne	105	8,3	36,8
Marne	218	9,3	41,2
Marne (zone sal. sup.)	220	3,3	14,7
»	362	5,3	23,6
»	476	7,3	32,4
Marne feuilletée	500	2,0	8,8
Marne	605	3,7	16,2
Marnes dures	295	4,7	20,6
»	1250	3,7	16,2
Marnes friables	1279	4,3	19,15
Marne feuilletée	212	6,0	26,5

Nous appelons l'attention sur les marnes et calcaires du Chattien, profondeur 260 à 350 mètres, qui présentent la radioactivité la plus importante et aussi une susceptibilité magnétique élevée : le calcaire de Geisswasser a une susceptibilité de l'ordre de 465×10^{-6}. Une explication de cette propriété magnétique a été récemment proposée (1). La radioactivité, supérieure aux autres, conduit aussi à penser à un phénomène d'éruption.

Comme il fallait s'y attendre, les roches éruptives des Vosges sont notablement plus actives, notamment certaines rhyolithes actuellement à l'étude dont les activités peuvent s'exprimer par $97^{mm},7$ pour 40 minutes,

(1) J.-P. Rothé, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1443.

et pour lesquelles le rapport R atteint 430×10^{-6}. Mais les activités de nombre d'autres roches qui seront publiées plus tard ne dépassent pas celles des marnes et calcaires signalés ci-dessus. C'est un fait important au point de vue géologique.

BOTANIQUE. — *Sur le* pH *limite de la croissance des végétaux dans les régions de steppes.* Note [1] de M. **Eugène Chabanier**, présentée par M. L. Mangin.

Une réaction géologique simple, réalisable au laboratoire, signalée en 1927 dans une revue chilienne [2], semble jouer un rôle important dans la définition des conditions biologiques des climats arides. Un feldspath orthose fournit, par sa décomposition dans les climats tempérés, un kaolin; il semble que les argiles sédimentaires si fréquentes sur les pentes du Massif central aient eu pour origine des feldspaths calcosodiques. Dans les climats de steppes et en particulier en Argentine et au Chili, la plus grande partie des éléments du sol ou des roches, constitués par des silicates calcosodiques, se décomposent plus rapidement, laissant sur place de l'alumine, des oxydes de fer, de la silice, du carbonate de calcium et de sodium. Il semble que la décomposition de ces silicates soit, comme dans nos contrées, le résultat d'une hydrolyse, cependant plus profonde, puisqu'elle désagrège la molécule; mais ici le carbonate de calcium joue un rôle accélérateur qui permet de la suivre ou de la reproduire. Il suffit de préparer par lavage des suspensions de carbonate de calcium et de feldspaths calcosodiques, lavées jusqu'à neutralité (pH 7) à la sulphone phtaléine. Le mélange des deux solutions fait apparaitre une coloration correspondant à pH 8,4. Les ions Na mettent en évidence une réaction qui sans eux resterait invisible. Dans la Cordillère les rosées abondantes facilitent par cette réaction l'accumulation des carbonates de calcium et de sodium, produisant un colmatage des fissures rappelant les phénomènes observés dans des marnes par Pierre Urbain [3].

Les sels présents après la période sèche sont entraînés par les premières

---

[1] Séance du 26 novembre 1934.

[2] *Sociedad de Mineria*, Santiago du Chili, n° 340, août 1927; *Revue de Géographie physique*, 6, II, 1933, p. 177; *Nature*, 133, juin 1934, p. 504.

[3] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1036.

pluies, laissant sur place une couche de carbonate de calcium, comme sur le Cerro Blanco étudié par Darwin à Santiago. Ces eaux de lavage fournissent la plus grande partie des sels des salars à chlorure de sodium libéré physiquement par la décomposition des roches, ou des lagunes saumâtres du versant chilien. Sur le versant chilien les alcalinisations superficielles sont limitées suffisamment pour que le développement du blé soit possible en terres non irriguées; elles interdisent, au-dessus du plan d'eau des canaux, la vigne. Cette alcalinisation pourrait être la cause de la disparition des forêts; en tout cas on trouve des restes de forêts dans les vallons de la cordillère alimentés par des eaux de neiges, donc neutres. Du côté argentin les phénomènes observés sont plus intéressants par les conclusions qu'ils suggèrent. Alors que, dans l'état de Buenos-Aires, le climat de caractère atlantique assure le lessivage annuel des sols et permet une culture intensive, la partie occidentale de l'Argentine voit réduire le nombre des cultures possibles, rendant la vie très pénible pour l'européen privé de tout produit de culture maraîchère qui explique la surpopulation de Buenos-Aires et l'échec physiologique de la devise *governar es poblar*. Le maïs cesse le premier, puis le blé, enfin la luzerne, pour laisser la place aux Atriplex, dernière nourriture des bestiaux *criollos*. La durée d'insolation ne semble plus une condition nécessaire du développement normal de la croissance et de la maturation comme au Chili ou en France. C'est l'alcalinisation du sol qui met un terme à la croissance, et l'hacendado suit chaque jour dans les journaux les dépêches des observatoires météorologiques qui lui apprennent, à Buenos-Aires, s'il peut espérer une belle récolte assurée par une pluie qui augmente la durée de la croissance et de la formation de l'épi. On peut en déduire une économie de l'irrigation suivant laquelle les terres devraient être lessivées une fois par an, en séparant soigneusement ces eaux nuisibles dans un second Nil comme dans l'Égypte ancienne, procédé abandonné aujourd'hui. L'application de cette méthode en Argentine aurait des résultats bien plus importants; il assurerait la régularité des récoltes, permettrait les cultures maraîchères, il rendrait habitables d'énormes surfaces qui ne dépendent que des qualités d'eau que seul le Rio Guapay pourrait fournir. Ces lessivages, qui rendraient habitables de si grandes surfaces, sont à peine utiles en France, on perçoit une alcalinisation des marnes en été, cependant les eaux d'irrigation de la Crau deviennent alcalines à Entressen. Dans le Rouergue le chêne remplace le châtaignier sur les filons de roches volcaniques,

M. Dauzère, auteur d'une théorie (¹) des points de chute de la foudre basée sur l'ionisation de l'atmosphère, a signalé la fréquence des points de chute sur les lignes de contact où d'après nos observations, il circule des solutions conductrices, il peut y avoir d'ailleurs des points particuliers, comme les gneiss grenatifères à auréole pléochroïque d'hélium d'Aurifeuille près Dournets (²). A un autre point de vue on peut rattacher à nos observations les expériences de M. Truffaut, le courant de 0,1 mA/cm², appliqué à des végétaux dans un sens contraire à celui de la sève, abaisse le pH des parties végétatives de la plante (³).

Le pH, de même que la température, se présente dans les régions de steppes comme une fonction qui peut atteindre des valeurs limites tout à fait distinctes des autres facteurs à caractère additif.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des antioxygènes, du bleu de méthylène et du dinitrophénol sur la croissance, la composition et le rendement énergétique du* Sterigmatocystis nigra. Note de MM. **Robert Bonnet** et **Raymond Jacquot**, présentée par M. M. Molliard.

Le rendement énergétique brut s'obtient à partir de la formule de Tangl :

$$R = \frac{U'}{E - U}$$

dans laquelle U′ représente l'énergie totale emmagasinée dans l'organisme formé (mycélium), E l'énergie représentée par les aliments à l'état initial (glucose), U l'énergie demeurée dans la partie alimentaire non consommée et les résidus (milieu nutritif après culture). Le rendement énergétique brut rend compte de la totalité des dépenses au cours de la croissance; il est en réalité la résultante de deux phénomènes additifs : la dépense liée au développement (élévation du potentiel chimique, énergie de structure, épictèse) et la dépense respiratoire correspondant à l'entretien de l'organisme déjà formé. Nous avons pensé qu'il y aurait quelque possibilité de dissocier les deux phénomènes, en introduisant dans le milieu de culture des corps susceptibles d'influencer le mécanisme respiratoire sans entraver la croissance et par là même susceptibles de faire varier le rendement éner-

(¹) Dauzère, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1565 et 1744.
(²) *Carte géologique*, Feuille 207 (Rodez).
(³) Truffaut, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1363.

gétique brut et de nous donner une approximation du rendement énergétique réel. Notre étude a porté sur trois catégories de substances : les antioxygènes, type Moureu et Dufraisse, corps qui empêchent la fixation d'oxygène libre; le bleu de méthylène, accepteur d'hydrogène et le thermol, dinitrophénol-1.2.4, catalyseur d'oxydation. Le milieu nutritif (50^{cm^3} par culture) est une solution de Czapeck contenant 3 pour 100 de glucose et 0,5 pour 100 de $SO^4(NH^4)^2$, on y ajoute les doses croissantes des corps à étudier. Les expériences ont lieu à 37° C. et ont la même durée dans tous les cas (48 heures).

Témoins sur glucose seul (16 expériences) :

Poids sec du mycélium........................	$0^g,47$
Chaleur de combustion par gramme sec de mycélium.	$4^{cal},80$
Rendement énergétique brut.....................	$0^{cal},58$

Antioxygènes : 1. *Hydroquinone* (18 expériences). — L'adjonction d'une quantité d'hydroquinone variant de $0^g,005$ à $0^g,100$ n'influence aucunement la vitesse de croissance ni la composition du microorganisme : le R. E. est très légèrement supérieur à celui qu'on obtient sur glucose seul ($0^g,60$). De $0^g,100$ à $0^g,400$ d'hydroquinone, la vitesse se maintient constante, mais le R. E. baisse régulièrement de $0^g,59$ à $0^g,46$. Pour une concentration de $0^g,500$ le poids de récolte tombe à $0^g,17$ et le R. E. à $0^g,40$; à une dose de $0^g,600$ il n'y a plus de développement. Dans tous les cas, la chaleur de combustion par gramme sec, qui représente en gros la composition du mycélium, est constante et identique à celle des témoins sur glucose.

2. *Pyrogallol* (16 expériences). — La vitesse de croissance et la chaleur de combustion du mycélium se maintiennent constantes et normales pour des concentrations d'acide pyrogallique allant de $0^g,005$ à $0^g,600$. Le R. E. est normal jusqu'à $0^g,05$, au delà il baisse régulièrement jusqu'à $0^g,48$ pour $0^g,600$ de pyrogallol.

3. *Tétraphénylrubène* (4 expériences). — A des concentrations variant de $0^g,005$ à $0^g,010$ (limite de solubilité), aucune influence sur la vitesse de croissance, ni sur la composition de l'organisme, ni sur le R. E.

4. *Phloroglucine* (13 expériences). — Nous avons étudié ce phénol, qui ne compte pas comme antioxygène, par comparaison avec l'hydroquinone. La vitesse, la chaleur de combustion, le R. E. sont rigoureusement constants pour des concentrations passant de $0^g,05$ à $0^g,7$.

Bleu de méthylène (9 expériences). — A des doses variant de $0^g,005$ à $0^g,600$, la vitesse de croissance et la composition du mycélium demeurent identiques et normales. Jusqn'à $0^g,400$, le rendement énergétique est nettement supérieur à celui du glucose ($0^g,64$ pour une concentration de $0^g,050$) ; à la concentration de $0^g,600$ il tombe à $0^g,54$.

Thermol. — A la plus petite concentration $0^{mg},04$, le R. E. est inférieur à celui des témoins sur glucose (0,53) ; vitesse et composition sont normales. De $0^{mg},4$ à $0^{mg},20$, la vitesse est notablement diminuée (le poids sec du mycélium tombe aux environs

de $0^{g},3$), le R. E. baisse et se maintient autour de $0^{g},50$. A la dose de $0^{mg},4$, il y a une très légère germination, mais la récolte est impossible; à $0^{mg},8$, il n'y a plus aucun développement.

Contrairement à notre attente, nous n'avons pu dissocier le phénomène respiratoire de l'ensemble des phénomènes de synthèse. Sauf à des doses élevées et susceptibles d'être considérées comme toxiques, les corps étudiés n'ont en rien changé le processus global de la croissance. Il faut néanmoins retenir la légère action favorisante du bleu de méthylène et la diminution du R. E. qui accompagne l'introduction du thermol. Notre étude actuelle s'attache à cette constatation. Nous pouvons cependant prévoir dès maintenant le peu d'importance des oxydations à partir de O^2 libre (type oxydases) dans le développement du *Sterigmatocystis* puisque des corps comme les antioxygènes, le bleu de méthylène, le thermol, dont l'action sur les phénomènes respiratoires et les oxydations a été démontrée par nombre d'auteurs, ne l'entrave en rien et n'ont aucune influence sur le R. E. brut.

HISTOLOGIE. — *Cellules sympathicotropes et cellules de la thèque interne dans l'ovaire fœtal humain.* Note de M. **Louis Berger**, présentée par M. Ch. Achard.

Je crois avoir pu (1) mettre en évidence et confirmer l'existence d'une espèce cellulaire nouvelle dans le hile de l'ovaire de la femme et de la fillette. Ces cellules, que j'ai appelées *sympathicotropes*, sont caractérisées, à part leur aspect et un chimisme particuliers, par leurs relations intimes et régulières avec les nerfs. J'ai pu montrer qu'elles n'ont rien de commun avec le tissu phéochrome ou paraganglionnaire, avec lequel certains auteurs ont voulu les confondre. Elles ont par contre le même aspect et le même chimisme que les cellules de Leydig du testicule. En examinant cet organe, j'ai constaté que la glande interstitielle n'était pas limitée au parenchyme séminipare, mais qu'elle s'étendait en dehors dans l'albuginée et surtout dans le hile et le long du cordon. Or, en dehors du parenchyme testiculaire propre, ces cellules sont toujours situées dans des nerfs ou à leur contact immédiat. Elles se comportent par conséquent comme les cellules sympathicotropes de l'ovaire. La cytologie des cellules étant la

(1) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 907.

même dans les deux sexes j'ai conclu que l'ensemble des cellules sympathicotropes de l'ovaire était l'homologie stricte des cellules de Leydig extraparenchymateuses. J'ai cru devoir tenir compte des relations nerveuses régulières de ces cellules en les désignant par le nom de sympathicotropes et voir dans ces relations l'expression d'une synergie d'ordre neurocrine (1).

Il était cependant étonnant que dans l'ovaire de l'enfant et de la femme ne se trouvait que l'équivalent de la partie extratesticulaire des cellules de Leydig. Bien que les relations nerveuses de ces cellules soient surprenantes, il était cependant relativement facile d'expliquer leur présence chez l'homme, puisque sur des coupes sériées j'ai montré leur continuation directe avec les cellules de Leydig intertubulaires, sans toutefois pouvoir décider s'il s'agissait d'un phénomène de migration ou d'une naissance simultanée aux différents endroits. Dans l'ovaire je ne pouvais pas expliquer la raison d'être des cellules sympathicotropes. Je n'avais pas cru pouvoir accepter la manière de voir de A. Kohn (2), le classique des paraganglions, qui a contrôlé et entièrement confirmé mes résultats, notamment en ce qui concerne la différence entre les cellules sympathicotropes et phéochromes, et qui les considère dans l'ovaire comme des éléments hétérosexuels. Je n'avais cependant guère d'arguments à l'appui de ce refus.

En étudiant des ovaires humains avant la naissance, j'ai observé des faits nouveaux. Ceux-ci furent particulièrement nets dans les ovaires d'un prématuré de 7 mois et demi, né de mère diabétique. Je les prendrai ici comme exemple, mais dans d'autres ovaires fœtaux les images, pour être moins abondantes et moins démonstratives, n'en étaient pas moins du même ordre.

Le parenchyme propre de ces ovaires est essentiellement composé d'une multitude de follicules primitifs de de Graaff, tassés les uns contre les autres. Les follicules forment une nappe épaisse de 2 à 3^{mm} environ. Dans sa partie profonde il y a plusieurs follicules atrésiques, solides ou kystiques, qui sont entourés d'une large thèque interne à cellules volumineuses. L'hyperplasie thécale est très prononcée, de sorte que les follicules arrivent le plus souvent au contact immédiat du tissu conjonctivo-vasculaire du hile de l'ovaire ou y font même parfois légèrement saillie. Dans ce tissu et dans

(1) Louis Berger et P. Masson, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1748.
(2) *Endokrinol* (allem.), 1928.

celui du mésovaire, il y a de nombreux nerfs. L'un d'eux, d'une épaisseur relativement assez considérable, chemine parallèlement au grand axe de l'ovaire et envoie des branches vers le parenchyme ovarien. Tous ces nerfs, sans exception, sont abondamment parsemés ou parfois flanqués de volumineuses cellules qui ont tous les caractères de cellules sympathicotropes. L'application des méthodes de colorations les plus variées montre *qu'elles sont identiques aux cellules hyperplasiques des thèques internes;* elles présentent un certain degré de polymorphisme que l'on trouve également dans les thèques. Rien ne permet de les considérer comme phéochromes.

En suivant sur des coupes sériées les parcours des filets nerveux, on constate que des nerfs arrivent souvent au contact immédiat des thèques internes des follicules atrésiques et que quelques-uns pénètrent même dans leur zone périphérique. Au contact des thèques, les filets semblent s'épanouir, car l'imprégnation argentique met de nombreuses fibres nerveuses en évidence dans la thèque externe. En plusieurs endroits, où des filets nerveux abordent le massif des thèques, j'ai pu observer la *continuation directe de cellules thécales à l'intérieur des nerfs.* Rien ne les distingue alors des cellules sympathicotropes dans les nerfs plus éloignés. Les images sont exactement superposables à celles que j'ai décrites dans le testicule et qui montrent la continuation des cellules de Leydig intertubulaires dans les nerfs de l'albuginée, du hile et du cordon.

Conclusions. — Dans l'ovaire fœtal humain, les cellules hyperplasiques de la thèque interne des follicules en atrésie se continuent directement dans les nerfs qui abordent les follicules ou qui se ramifient à leur contact. Il n'y a aucune différence morphologique entre les cellules thécales proprement dites et les cellules intranerveuses que j'ai appelées sympathicotropes. Celles-ci représentent par conséquent la continuation intranerveuse de cellules thécales en dehors du parenchyme propre de l'ovaire. Elles sont les homologues des cellules sympathicotropes du sexe mâle, qui représentent la continuation de cellules de Leydig en dehors du parenchyme propre du testicule. Les cellules thécales manifestent par conséquent un neurotropisme dans lequel je vois un nouvel exemple de synergie endocrino-nerveuse ou de neurocrinie. Il serait toutefois prématuré de généraliser ces résultats à l'ovaire adulte.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Sur les facteurs de la multiplication cellulaire.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. d'Arsonval.

I. Dans nos recherches sur le glutathion, nous avons constaté la présence de cette substance sur le chondriome des types cellulaires les plus variés du règne animal et du règne végétal, aux diverses étapes de la vie cellulaire. Nous en avons conclu, en 1927, que la qualité du chondriome d'être le support du glutathion avait un caractère général. Les résultats de Giroud et Bulliard ont apporté une confirmation à cette donnée. Depuis que notre conclusion a été formulée, des résultats très importants ont été acquis dans les recherches physiologiques sur le glutathion. Il convient de tenir compte de ces résultats.

Dès 1929, Hammett a montré l'influence du groupement — SH sur la multiplication cellulaire. Hammett et ses collaborateurs (1929-1934) ont envisagé le rôle du glutathion chez les animaux et les végétaux et dans les circonstances les plus variées de la multiplication cellulaire (croissance, greffe, régénération, tumeurs, etc.).

Leurs conclusions, confirmées par les résultats des recherches de divers auteurs, peuvent se résumer ainsi : le glutathion réduit (plus généralement le groupe — SH) est un stimulant essentiel et spécifique de la division cellulaire. Si nous essayons de nous représenter le mécanisme suivant lequel peut s'accomplir la stimulation dont parle Hammett, nous sommes amené à dire, d'après les résultats de nos études cytologiques : *Le glutathion est un facteur indispensable de la croissance parce qu'il participe à la genèse d'un constituant essentiel des cellules vivantes animales et végétales : ce constituant est le chondriome.*

II. Dans tout ce qui va suivre le terme vitamine A est pris dans son sens général (vitamine et provitamine). La vitamine A est également un facteur de croissance. Ce facteur a été l'objet de recherches d'ordre physiologique et d'ordre cytologique; mais ici, contrairement à ce que nous avons vu pour le glutathion, les résultats physiologiques ont précédé les résultats cytologiques. Le rapprochement de ces deux catégories de résultats est également très suggestif.

Les recherches physiologiques montrent que la vitamine A intervient dans la croissance parce qu'elle est un facteur indispensable de la multipli-

cation cellulaire. Nous nous sommes demandé si l'intervention de la vitamine A dans la multiplication cellulaire était due à sa participation à la genèse de l'un des constituants essentiels de la cellule. Étant donné le rôle du noyau dans la division de la cellule nous avons tout d'abord cherché à déceler la vitamine A dans le noyau. En dehors d'une exception au sujet du nucléole, exception qui semble d'ailleurs la conséquence des rapports qui existent entre le chondriome et le nucléole, nous n'avons pas trouvé de vitamine A dans les noyaux des types cellulaires les plus variés du règne animal et du règne végétal.

Dans toutes les cellules étudiées, nous avons constaté la présence de la vitamine A sur les éléments du chondriome et, dans presque tous les types cellulaires, sa localisation, en ce qui concerne le cytoplasme, est très nettement limitée à ces éléments. Pour le glutathion, au contraire, la localisation cytoplasmique sur les éléments du chondriome n'est jamais si rigoureuse, car les réactifs décèlent des traces de glutathion au voisinage des chondriosomes. Nous pouvons formuler au sujet de la vitamine A une conclusion analogue à celle indiquée plus haut pour le glutathion : *La vitamine* A *est un facteur indispensable de la croissance des tissus, parce qu'elle participe à la genèse d'un constituant essentiel des cellules*; *ce constituant est le chondriome.*

III. La multiplication cellulaire, dans ses diverses modalités : croissance, reproduction, régénération, greffe, prolifération des tumeurs, se trouve en corrélation avec la genèse de nouveaux éléments du chondriome. La nutrition doit assurer aux cellules qui se multiplient l'apport du matériel glutathion et vitamine A nécessaire à l'édification de nouveaux chondriosomes. Toute perturbation dans l'état de ce matériel est en corrélation avec une perturbation dans la multiplication cellulaire. La formule « état du matériel » doit être prise dans son sens le plus général. Il conviendra de considérer dans les recherches sur la multiplication cellulaire : croissance, reproduction, régénération, greffe, culture des tissus, prolifération des tumeurs, non seulement l'état chimique et les masses respectives du glutathion et de la vitamine A dont les cellules disposent, mais aussi le rapport entre ces états chimiques et ces masses, car la participation des deux facteurs, glutathion et vitamine, à la genèse du même constituant chondriome établit entre eux des rapports que nous ne devons pas négliger.

Parmi les nombreux problèmes que soulève l'hypothèse de travail que

nous venons de formuler on peut noter le suivant : Quelle est la nature des rapports qui existent entre l'état du système glutathion + vitamine A et la genèse ou l'évolution des cellules cancéreuses ?

PHYSIOLOGIE. — *La synthèse des substances créatiniques (créatinine et créatine) au cours de l'inanition protéique.* Note de Mlle **Gilberte Mourot**, présentée par M. d'Arsonval.

La preuve d'une synthèse créatinique, sans distinction entre créatine et créatinine, aux dépens des protéines tissulaires a été administrée par G. Pariset : soumettant, jusqu'à ce que la mort s'ensuive, des lapins à l'inanition totale, cet auteur montre que la quantité de corps créatiniques rejetée dans ces conditions est toujours supérieure à celle qui, dans le même temps, a disparu de l'organisme inanitié.

Toutefois, la synthèse mise ainsi en évidence est de peu d'importance, peut-être parce que la mort par inanition survient rapidement, sans avoir laissé se poursuivre une dégradation azotée suffisante. Aussi, avons-nous été amenée, par la considération des grandeurs comparées de la synthèse purique lors d'inanition totale et lors d'inanition protéique, à penser pouvoir, à l'aide de l'inanition protéique, faire mieux ressortir la réalité de la synthèse créatinique dans les processus de dégradation des albumines tissulaires.

Qu'il y ait synthèse créatinique au cours de la dégradation azotée qu'entraîne l'inanition protéique, cela semble bien être nécessaire, et Terroine a maintes fois insisté sur les raisons de cette nécessité : en effet, le régime qui met un organisme au niveau de sa dépense azotée minima donne au rapport [(N créatinine + N créatine) urinaires/N total urinaire] la valeur élevée de 10 à 12 pour 100, cependant que le rapport (N créatinine + N créatine/N total) pour l'organisme entier normal n'est que de 2 pour 100 environ, et reste à ce taux pendant l'inanition protéique, tout au moins pour un rat, après 14 jours d'inanition protéique. Quelle soit plus grande que dans l'inanition totale, il est permis de l'affirmer *a priori* et pour deux raisons : elle doit l'être à intensité de dégradation azotée égale, car dans l'inanition totale, le rapport (N créatinique total/N total) urinaire ne dépasse pas 4 à 5 pour 100 ; enfin, lorsqu'elles sont poursuivies

jusqu'à la mort, l'inanition protéique permet une dégradation azotée totale plus grande que ne le peut faire l'inanition totale.

Il était encore intéressant de s'adresser à l'inanition protéique, car il n'est pas interdit de penser que dans les deux types d'inanition, les choses ne se passent pas d'identique manière : en effet, alors que, dans l'inanition totale, la créatine urinaire égale ou surpasse la créatinine, c'est, dans l'inanition protéique, presque à la seule créatinine qu'il revient de représenter les corps créatiniques dans l'urine.

Nous avons donc, à l'aide du procédé déjà utilisé par nous ([1]) pour la mise en évidence de la synthèse purique, cherché à montrer que les corps créatiniques qui prennent naissance et sont rejetés lors de la dégradation azotée minima ne peuvent tirer en totalité leur origine de la créatine des tissus. Pour cela, nous avons comparé, d'une part, la quantité de corps créatiniques vraisemblablement contenue dans un organisme normal au moment où il va être soumis à une inanition protéique qui sera prolongée jusqu'à la mort; d'autre part, la somme des corps créatiniques rejetés pendant cette inanition et de ceux présents dans le sujet au moment de sa mort.

Rats normaux.

N créatinique total contenu dans { l'animal (mg).	119	114	148	139	165	167	174	195	223
N créatinique total contenu dans { 100g d'animal.	84	78	84	75	78	76	74	76	81
Poids de l'animal (g)............	141	145	176	185	210	220	235	256	274

Teneurs extrêmes : 74–84mg dans 100g frais.

Rats soumis à l'inanition protéique.

Poids initial-final.	Durée de survie (jours).	N créatinique initial vraisemblable.	N créatinique du sujet mort.	N créatinique total rejeté: N créatine.	N créatinine.	Total.	N créatinique retrouvé total.	Synthèse créatinique.
g g	j	mg mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg mg
325–196	51	240–273	140	231	37	268	408	168–135
325–157	60	240–273	122	250	74	324	446	206–173
307–143	70	227–258	97	250	90	340	437	210–179
300–140	62	222–251	96	247	70	318	414	192–162

Des faits ci-dessus rapportés peuvent se dégager les conclusions suivantes :

1° Au cours de l'inanition protéique, l'existence d'une synthèse créati-

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1424.

nique est indéniable; son importance est telle que la quantité des produits ainsi formés est égale, environ, aux 3/4 de celle initialement contenue dans le sujet normal.

2° La créatine disparue de l'organisme ne se retrouve pas toute dans l'urine; elle a pu se transformer en créatinine.

3° La synthèse créatinique se traduit essentiellement, tout le long de l'inanition protéique, par un rejet de créatinine; de l'excrétion créatinique totale, la créatine représente à peine le 1/5 ou le 1/4.

4° Le fait qu'une quantité importante de créatinine puisse ainsi, par des processus synthétiques, naître des albumines tissulaires, pose à nouveau les problèmes, et de la nature des corps qui, parmi les constituants des protéines, participent à cette synthèse, et du mode de formation. Il semble difficile de penser à une formation immédiate; on sait, en effet, que le taux de la créatinine urinaire demeure remarquablement constant lorsque le métabolisme protéique s'élève, même dans des proportions considérables, soit au cours de l'inanition, soit avec un régime alimentaire très riche en protéines. Ne peut-on penser à une régénération continue de la créatine des tissus dont la créatinine serait la forme usée? C'est ce que nous demandons à nos études actuelles.

A $15^h 50^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Chimie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *C. Matignon* :

En première ligne............... M. **Paul Lebeau**.
En seconde ligne............... M. **Robert Lespieau**.
En troisième ligne ex æquo *par ordre alphabétique*............... MM. **Edmond Blaise**, **Marcel Sommelet**, **Marc Tiffeneau**, **André Wahl**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17^h.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 15 octobre 1934.)

Note de M. *Adrien Davy de Virville*, Sur les principaux types de flaques du littoral atlantique :

Page 735, ligne 11, au lieu de *Fucus vesiculosus*, lire *Fucus serratus*.